

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

(найменування центрального органу виконавчої влади у сфері освіти і науки)

Національний університет «Запорізька політехніка»

(повне найменування закладу вищої освіти)

Кафедра «Радіотехніка та телекомунікації»

(найменування кафедри, яка відповідає за дисципліну)



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Перший проректор

Гугнін Е.А.

2020 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ППН 09 Основи схемотехніки

(код і назва навчальної дисципліни)

спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»
(код і найменування спеціальності)

освітня програма (спеціалізація) Радіотехніка
(назва освітньої програми (спеціалізації))

інститут Інформатики та радіоелектроніки
(найменування інституту)

факультет Радіоелектроніки та телекомунікацій
(найменування факультету)

мова навчання Українська

2020 рік

Робоча програма з дисципліни «**Основи схемотехніки**» для студентів
 спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка»,
 освітня програма (спеціалізація) «Радіотехніка».
(назва освітньої програми (спеціалізації))
 « » , 20 року – с.

Розробники:

Кабак Владислав Семенович, доцент кафедри Радіотехніки та телекомунікацій,
 к.т.н., доцент;
Поляков Михайло Олексійович, доцент кафедри Радіотехніки та
 телекомунікацій, к.т.н., доцент.

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри Радіотехніки та
 телекомунікацій

Протокол від « 23 » червня 2020 року № 12

Завідувач кафедри Радіотехніки та телекомунікацій
(найменування кафедри)

« 23 » червня 2020 року  (Морщавка С.В.)
(підпис) (прізвище та ініціали)

Схвалено науково-методичною комісією факультету РЕТ за спеціальністю **172**
«Телекомунікації та радіотехніка»

Протокол від « 27 » серпня 2020 року № 1

« 27 » серпня 2020 року Голова  (Кабак В.С.)
(підпис) (прізвище та ініціали)

 2020 рік

Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітній ступінь	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 12,5	Галузь знань 17 Електроніка та телекомунікації	Нормативна	
Модулів – 5	Спеціальність, освітня програма 172 Телекомунікації та радіотехніка ОП «Радіотехніка»	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 13		2,3-й	2,3-й
Індивідуальне науково-дослідне завдання: <u>курсова робота</u>		Семестр	
Загальна кількість годин – 375		3,4,5-й	3,4,5-й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3 самостійної роботи студента – 4,5	Освітньо-кваліфікаційний рівень: Перший (бакалаврський)	Лекції	
		90 год.	18 год.
		Практичні, семінарські	
		год.	год.
		Лабораторні	
		45 год.	12 год.
		Самостійна робота	
		210 год.	315 год.
		Індивідуальні завдання: 30год.	
		Вид контролю: залік, іспит	

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної та індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – 135/210/30;

для заочної форми навчання – 30/315/30.

1 Опис навчальної дисципліни (перший модуль)

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 4	Галузь знань 17 «Електроніка та телекомунікації»	нормативна	
Змістових модулів – 5	Спеціальність, освітня програма 172 «Телекомунікації та радіотехніка» ОП «Радіотехніка»	Рік підготовки:	
Індивідуальне науково-дослідне завдання – розрахункове завдання		2-й	2-й
Загальна кількість годин – 120		Семестр	
		3-й	3-й
		Лекції	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3 самостійної роботи студента –5	Освітньо-кваліфікаційний рівень: Перший (бакалаврський)	30 год.	6 год.
		Практичні, семінарські	
		год.	год.
		Лабораторні	
		14 год.	4 год.
		Самостійна робота	
		76 год.	110 год.
		Індивідуальні завдання:	
Вид контролю: іспит			

Примітка:

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – 44/76;

для заочної форми навчання – 10/110.

2 Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета. Метою вивчення дисципліни "Основи схемотехніки" (перший модуль – дискретна схемотехніка) є формування у студентів знань, навиків та умінь, що дозволить їм здійснювати проектування аналогових пристроїв (зокрема, підсилюючих пристроїв) та використовувати їх для створення більш складних радіоелектронних засобів.

Дисципліна "Основи схемотехніки" є першою інженерною дисципліною і розташована у навчальному плані спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка" на стику дисциплін, які забезпечують базову теоретичну та інженерну підготовку радіоінженерів.

В процесі вивчення дисципліни "Основи схемотехніки", студенти вперше знайомляться з методами аналізу електронних пристроїв, з основними параметрами і характеристиками аналогових пристроїв, принципами побудови підсилювальних каскадів, різновидами підсилювачів, видами робочих режимів активних пристроїв, частотними властивостями підсилювальних каскадів, видами від'ємного зворотного зв'язку, що використовується в аналогових пристроях, принципами побудови багатокаскадних підсилювачів та визначенням їх параметрів, методами аналізу підсилювачів в режимах підсилення гармонічних та імпульсних сигналів та іншими питаннями системотехніки та схемотехніки, які використовуються у сучасних засобах телекомунікацій

Завдання. Задачею дисципліни "Основи схемотехніки" є ознайомлення студентів з теорією і принципами побудови та схемотехнікою сучасних засобів телекомунікацій, зокрема, підсилювальними каскадами, які використовуються як вхідні, проміжні та вихідні каскади аналогових пристроїв, методиками аналізу і синтезу багатокаскадних схем та визначенням їх параметрів, впливом різних типів від'ємного зворотного зв'язку на параметри аналогових пристроїв, з сучасними тенденціями апаратної реалізації підсилювачів різного призначення, навчання студентів сучасним методам аналізу аналогових пристроїв із застосуванням електронно-обчислювальної техніки.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен отримати **загальні компетенції:**

- здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово (ЗК-5);
- здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями (ЗК-7);
- знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності (ЗК-4);
- здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (ЗК-1);
- здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК-2);
- вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми (ЗК-8);

фахові компетенції:

- здатність вирішувати стандартні завдання професійної діяльності на основі інформаційної та бібліографічної культури із застосуванням інформаційно-

комунікаційних технологій і з урахуванням основних вимог інформаційної безпеки (ПК-2);

- здатність використовувати базові методи, способи та засоби отримання, передавання, обробки та зберігання інформації) (ПК-3);

- здатність здійснювати комп'ютерне моделювання пристроїв, систем і процесів з використанням універсальних пакетів прикладних програм (ПК-4) ;

- здатність проводити інструментальні вимірювання в інформаційно-телекомунікаційних мережах, телекомунікаційних та радіотехнічних системах (ПК-6);

- здатність здійснювати монтаж, налагодження, налаштування, регулювання, дослідну перевірку працездатності, випробування та здачу в експлуатацію споруд, засобів і устаткування телекомунікацій та радіотехніки (ПК-10);

- здатність проводити розрахунки у процесі проектування споруд і засобів інформаційно-телекомунікаційних мереж, телекомунікаційних та радіотехнічних систем, відповідно до технічного завдання з використанням як стандартних, так і самостійно створених методів, прийомів і програмних засобів автоматизації проектування (ПК-15).

Очікувані програмні результати навчання.

Результати вивчення дисципліни деталізують наступні програмні результати:

- **знання** теорій та методів фундаментальних та загальноосвітніх наук в об'ємі необхідному для розв'язання спеціалізованих задач та практичних проблем у галузі професійної діяльності;

- **вміння** застосовувати базові знання основних нормативно – правових актів та довідкових матеріалів, чинних стандартів і технічних умов, інструкцій та інших нормативно-розпорядчих документів у галузі електроніки та телекомунікацій;

- **вміння** застосовувати знання в галузі інформатики й сучасних інформаційних технологій, обчислювальної і мікропроцесорної техніки та програмування, програмних засобів для розв'язання спеціалізованих задач та практичних проблем у галузі професійної діяльності;

- **вміння** проводити розрахунки елементів телекомунікаційних систем та систем телевізійного й радіомовлення, згідно технічного завдання у відповідності до міжнародних стандартів, з використанням засобів автоматизації проектування, в т. ч. створених самостійно;

- **вміння** проектувати, в т.ч. схемотехнічно нові (модернізуючи існуючі) елементи (модулі , блоки, вузли) телекомунікаційних та радіотехнічних систем, систем телевізійного й радіомовлення тощо;

- **здатність** брати участь у проектуванні нових (модернізації існуючих) телекомунікаційних систем, інфокомунікаційних, телекомунікаційних мереж, радіотехнічних систем та систем телевізійного й радіомовлення тощо;

– **вміння** застосовувати сучасні досягнення у галузі професійної діяльності з метою побудови перспективних телекомунікаційних систем, інфокомунікаційних, телекомунікаційних мереж, радіотехнічних систем та систем телевізійного й радіомовлення тощо;

– **вміння** діагностувати стан обладнання (модулів, блоків, вузлів) телекомунікаційних систем, інфокомунікаційних, телекомунікаційних мереж, радіотехнічних систем та систем телевізійного й радіомовлення тощо;

– **вміння** використовувати системи моделювання та автоматизації схемотехнічного проектування для розроблення елементів, вузлів, блоків радіотехнічних та телекомунікаційних систем;

– **здатність** до вибору методів та інструментальних засобів вимірювання параметрів та робочих характеристик телекомунікаційних систем, інфокомунікаційних, телекомунікаційних, мереж, радіотехнічних систем та систем телевізійного й радіомовлення та їх елементів;

В результаті вивчення дисципліни у третьому семестрі студенти повинні:

– **знати** основні параметри і характеристики пристроїв підсилення;

– **знати** основні режими роботи активних пристроїв;

– **розуміти** фізичні процеси в сучасних підсилювальних каскадах

– **знати** схемотехнічні методи забезпечення режимів підсилювальних каскадів з постійного струму;

– **знати** характеристики базових схем включення активних пристроїв: спільний емітер, спільна база, спільний колектор, спільний витік, спільний сток;

– **знати** частотні властивості каскадів підсилення;

– **знати** принципи застосування від'ємного зворотного зв'язку в підсилювачах і вплив зворотного зв'язку на характеристики підсилювачів;

– **знати** схемотехнічні аспекти реалізації підсилювачів постійного струму

– **знати** принципи побудови вихідних каскадів підсилювачів потужності;

– **знати** принципи реалізації багатокаскадних підсилювачів;

– **уміти** читати електричні принципові схеми реальних пристроїв підсилення сигналів у дискретному та інтегральному виконанні для усіх діапазонів частот;

– **знати** сучасні методи аналізу і схемотехнічного проектування пристроїв підсилення із застосуванням електронно-обчислювальної техніки.

– **вміти** проектувати пристрої підсилення різного призначення;

– **мати** уявлення про підсилювачі різноманітного призначення в інтегральному виконанні;

– **бути ознайомленими** з особливостями схемотехнічних рішень, вибором елементної бази та конструкторською реалізацією пристроїв у різних діапазонах частот.

Зв'язок з іншими дисциплінами

Вивчення дисципліни "Основи схемотехніки" базується на фізико-математичній підготовці студентів, яку вони одержують під час вивчення дисципліни "Вища математика" та "Фізика"; на знанні методів аналізу електричних кіл, методів аналізу нелінійних електричних ланцюгів і критеріїв

стійкості лінійних активних кіл зі зворотним зв'язком, які розглядаються під час вивчення дисципліни "Теорія електричних кіл та сигналів", на знанні характеристик і параметрів активних і пасивних елементів, що вивчаються у курсі "Електро- та радіоматеріали"; на знанні основ інформатики, прикладного програмування, з якими студенти знайомляться під час опанування дисциплін. "Інформаційні технології", "Прикладне програмування".

Матеріали, що вивчаються у дисципліні "Основи схемотехніки", використовуються студентами при студіюванні дисциплін, "Пристрої генерації та формування радіосигналів", "Пристрої прийому та обробки сигналів", "Електроживлення систем зв'язку", "Радіоавтоматика" "Теорія радіотехнічних систем", "Основи телебачення", "Радіовимірювальні пристрої та системи".

При проведенні занять необхідно забезпечити глибоке засвоєння студентами основ схемотехніки лінійних і нелінійних радіоелектронних пристроїв, творчий підхід до матеріалу, що вивчається. Схемотехніка, яка розглядається, повинна бути орієнтована на виготовлення підсилюючих пристроїв як у дискретному виконанні, так і за інтегральної технологією.

3 Програма навчальної дисципліни

Модуль 1

Змістовий модуль 1. Основні показники і характеристики підсилювачів

Тема 1. Показники і характеристики пристроїв підсилення.

Значення курсу при підготовці радіоінженерів, його зміст, зв'язок з іншими дисциплінами навчального плану. Визначення підсилюючих пристроїв, принципи їх створення та функціонування. Класифікація підсилювачів. Основні параметри та характеристики. Вхідні та вихідні параметри. Коефіцієнти підсилення з струму, напруги, потужності. Амплітудно-частотна, фазочастотна і перехідна характеристики. Амплітудна характеристика та динамічний діапазон підсилювача

- лекцій – 2 години;
- самостійна робота – 2 години;

Література: [1] С. 75-81, [2] С. 8-12, 135-139, [3] С. 5-10 [4], С. 5-8., [5] С. 3-16, [7] С. 19, 23-25, 30-32; [9] С. 18-41.

Тема 2. Спотворення сигналів у підсилювачах

Вимоги, що пред'являються до підсилювальних пристроїв. Види спотворень. Причини виникнення лінійних спотворень. Амплітудно-частотні спотворення. Оцінка частотних спотворень за нормованими характеристиками. Фазочастотні спотворення, час групової затримки. Лінійні перехідні спотворення. Перехідні характеристики підсилювачів змінного і постійного струмів. Зв'язок перехідної характеристики з частотними властивостями підсилювача. Нелінійні спотворення та їх оцінка. Інтермодуляційні спотворення. Внутрішні завади підсилювачів та їх складові.

- лекцій – 2 години;

– самостійна робота – 4 години;

Література: [1] С. 79-85, [2] С. 135-144 [3], С. 11-34[4], С. 8-19, [5] С. 18-48.

Тема 3. Класифікація режимів роботи

Основні області роботи біполярних та польових транзисторів. Активна область, область насичення, область відсікання струму. Граничні експлуатаційні параметри. Робоча точка і область безпечної роботи. Принцип електронного підсилення. Класифікація режимів роботи за інтервалом часу, впродовж якого активний елемент відкритий. Визначення кута відсікання θ . Режими роботи класів А, В, АВ, С, D. Основні переваги і недоліки режимів лінійного і нелінійного підсилення. Лінії навантаження та принципи їх побудови. Лінія навантаження з постійного струму. Лінія навантаження для змінного струму. Визначення початкової робочої точки за лінією навантаження.

– лекцій – 2 години;

– самостійна робота – 4 години;

Література: [2] С. 37-38, С. 188-194 [4] С. 20-23, [5] С. 18-48.

Змістовий модуль 2. Каскади попереднього підсилення

Тема 4. Забезпечення режиму роботи активних пристроїв з постійного струму

Ланцюги живлення, що забезпечують режим роботи підсилюючих елементів з постійного струму. Значення цих ланцюгів для стабілізації і надійності роботи підсилюючих пристроїв. Причини нестабільності точки спокою.

Забезпечення режиму роботи транзисторів з постійного струму за допомогою найпростіших ланцюгів, що не здійснюють стабілізацію. Забезпечення необхідного положення точки спокою фіксованим струмом бази, фіксованою напругою база-емітер, затвор-витік. Однокаскадні схеми стабілізації режиму. Схеми колекторної, емітерної (витікової) та комбінованої стабілізації.

Параметрична стабілізація. Температурна стабілізація режиму роботи транзисторів з постійного струму за допомогою ланцюгів, опір яких змінюється при зміні температури.

Стабілізація режиму роботи транзисторів з постійного струму у багатокаскадних підсилювачах з безпосереднім зв'язком між каскадами за допомогою загального від'ємного зворотного зв'язку з постійного струму, стабілізація режиму за допомогою узгоджених транзисторів.

– лекцій – 1 година;

– лабораторні роботи – 1 година;

– самостійна робота – 4 години.

Література: [1] С. 96-107, [2] С. 195-197, [3] С. 241-255, [4] С. 24-46, 64-67, [5] С. 116-140, [9] С. 34-38.

Тема 5. Схеми включення активних приладів у підсилювальних каскадах

Вимоги, що висуваються до каскадів підсилення та особливості їх аналізу у малосигнальному режимі. Підсилювач як чотирьохполюсник. Застосування

еквівалентних схем для аналізу каскадів попереднього підсилення. Системи Y-, H-, Z-, K - параметрів. Моделі активних пристроїв, які використовуються для аналізу і синтезу підсилювальних каскадів.

Способи включення активних пристроїв у підсилювачах. Схеми зі спільним емітером, спільною базою, спільним колектором (спільним витоком, затвором, стоком). Визначення коефіцієнтів підсилення з напруги, струму, вхідного і вихідного опорів, порівняння нелінійних спотворень каскадів на біполярних і польових транзисторах

Спрощення еквівалентних схем каскадів для розрахунків на ЕОМ. Застосування ЕОМ для розрахунків з використанням повних еквівалентних схем. Значення машинних методів розрахунку при розробці підсилювачів, що виготовляються за інтегральною технологією.

- лекцій – 4 години;
- лабораторні роботи – 3 години;
- самостійна робота – 6 годин.

Література: [1] С. 51-61, [2] С. 38-50, [3] С. 34-46, [4] С. 24-46, [5] С. 116-140.

Тема 6. Аналіз резисторних каскадів у частотній області

Резисторні каскади попереднього підсилення. Їх принципові та еквівалентні схеми. Види зв'язку між каскадами. Розбиття багатокаскадного підсилювача на окремі каскади.

Інерційні властивості біполярних і польових транзисторів. Фізична еквівалентна схема Джіаколетто для біполярних транзисторів. Характерні частоти біполярних транзисторів та їх співвідношення.

Еквівалентні схеми резисторного каскаду для областей нижніх, середніх і високих частот. Визначення комплексного коефіцієнта підсилення і нормованих частотних характеристик у відповідній області. Особливості аналізу вихідних, проміжних і вхідних каскадів у частотній області. Площа підсилення резисторного каскаду.

Еквівалентна схема польового транзистору. Аналіз частотних властивостей резисторного каскаду на польовому транзисторі у областях нижніх, середніх і високих частот.

Резисторні каскади на декількох транзисторах. Каскодні підсилювачі. каскади з емітерним та витіковим зв'язком. Підсилюючі каскади з динамічним навантаженням

- лекцій – 2 години;
- лабораторні роботи – 2 години;
- самостійна робота – 8 годин.

Література: [1] С. 113-123, [3] С. 102-131, [4] С. 61-64, [5] С. 116-140.

Тема 7. Аналіз резисторних каскадів у часовій області

Особливості аналізу підсилювачів у режимі підсилення імпульсних сигналів. Застосування еквівалентних схем резисторного каскаду у областях нижніх і високих частот для аналізу перехідних спотворень у областях великого

та малого часу відповідно. Визначення перехідних спотворень через відповідні сталі часу каскаду або верхню і нижню робочі частоти. Вибір колекторного навантаження для досягнення необхідного значення тривалості фронту імпульсу. Розрахунок розділювальних ємностей за вимогами до спаду плоскої вершини імпульсу. Закони додавання лінійних спотворень у багатокаскадних підсилювачах.

- лекцій – 1 година;
- лабораторні роботи – 1 година;
- самостійна робота – 4 години.

Література: [1] С. 123-125, [3] С. 188-221, [5] С. 116-140.

Тема 8. Корегування частотних та перехідних характеристик підсилюючих каскадів та підсилювачів

Застосування ланцюгів корекції для збільшення площі підсилення та одержання частотних і перехідних характеристик потрібної форми.

Корегування частотних характеристик в зоні високих частот та перехідної характеристики в області малого часу. Виграш в площі підсилення. Індуктивна корекція. Коректування характеристик за допомогою ланцюгів зворотного зв'язку. Високочастотна емітерна корекція.

Корегування частотних характеристик підсилюючого каскаду в області низьких частот і перехідної характеристики в зоні великого часу.

Ланцюги, що дозволяють змінювати частотні характеристики підсилювачів. Регулятори тембру.

- самостійна робота – 6 годин;

Література: [1] С. 138-160, [3] С. 135-155, [4] С. 171-196, [5] С. 231-233.

Модуль 2

Змістовий модуль 3. Зворотний зв'язок у пристроях підсилення сигналів

Тема 9. Зворотний зв'язок у підсилювачах . Основні визначення і класифікація зворотних зв'язків

Види зворотного зв'язку у пристроях аналогової обробки сигналів. Принцип дії та призначення від'ємного зворотного зв'язку (ВЗЗ). Обернене відношення, обернена різниця. Визначення типу ВЗЗ. Вплив послідовно-паралельного (Н-типу), послідовно-послідовного (Z-типу), паралельно-паралельного (Y-типу), паралельно-послідовного (K-типу) ВЗЗ на параметри і характеристики підсилювача. Чутливість показників підсилюючих пристроїв, охоплених зворотним зв'язком до зміни параметрів їх елементів.

- лекцій – 1 година;
- самостійна робота – 6 годин;

Література: [1] С. 86-95, [2] С. 197-207, [3] С. 156-186, [4] С. 70-95, [5] С. 49-102.

Тема 10. Аналіз підсилювачів, охоплених від'ємним зворотним зв'язком

Підсилювальні каскади на біполярних та польових транзисторах, що охоплені різноманітними видами зворотного зв'язку. Методика визначення основних параметрів каскаду з ВЗЗ. Емітерний та витіковий повторювачі напруги і схема зі спільною базою як схеми зі 100% ВЗЗ. Складені повторювачі напруги.

Багатокаскадні підсилювачі з ВЗЗ; використання критеріїв стійкості при розрахунку цих підсилювачів. Вплив ВЗЗ на стабільність коефіцієнта підсилення. Загальний і місцевий зворотний зв'язок. Вплив зворотного зв'язку на внутрішні завади підсилювача. Вплив ВЗЗ на нелінійні спотворення. Забезпечення стійкості підсилювачів, охоплених глибоким від'ємним зворотним зв'язком.

– лекцій – 3 години;

– лабораторні роботи – 4 години;

– самостійна робота – 6 годин;

Література: [1] С. 86-95, 125-130, [2] С. 197-207, [3] С. 156-186, [4] С. 70-95[5], С. 100-107.

Змістовий модуль 4. Підсилювачі постійного струму

Тема 11. Підсилювачі постійного струму прямого підсилення

Вимоги, що висуваються до підсилювачів постійного струму (ППС).

Міжкаскадні зв'язки у ППС; каскади з безпосереднім зв'язком, каскади зсуву рівня. Особливості забезпечення струмів спокою в ППС. Схеми зсуву рівня. Генератори стабільного струму та їх використання для забезпечення стабілізації струмів спокою транзисторів. Застосування генераторів струму у каскадах зсуву рівня.

Причини виникнення та способи зменшення дрейфу нуля. Застосування оптронів. Підсилювачі з резисторною і діодною оптопарами.

– лекцій – 1 година;

– лабораторні роботи – 1 година;

– самостійна робота – 2 години;

Література: [1] С. 294-325, [2] С. 221-235, 255-260 [3] С. 264-272, [4] С. 97-100, 118-120.

Тема 12. Балансні і різницеві схеми каскадів

Методи компенсації дрейфу нуля.. Основні властивості диференціального каскаду (ДК). Визначення параметрів ДК для диференціального та синфазного сигналів у малосигнальному режимі. Застосування генераторів струму у диференціальних каскадах. Генератори струму як активне навантаження. Струмове “дзеркало”, струмове “дзеркало” Уїлсона. Вхідні диференціальні каскади з активним навантаженням. Частотні характеристики диференціального каскаду. Диференціальний каскад у режимі великого сигналу. Каскодні диференціальні каскади.

– лекцій – 3 години;

– лабораторні роботи – 2 години;

– самостійна робота - 5 годин;

Література: [1] С. 130-137, [2] С. 238-245, [4] С. 114-129, [5] С. 140-214

Тема 13. Підсилювачі постійного струму з перетворенням сигналу

Принципи побудови, основні переваги та недоліки. Структурні схеми підсилювачів постійного струму з перетворенням сигналу. Підсилювачі з модуляцією-демодуляцією сигналів (МДМ-типу). Реалізація модуляторів і демодуляторів. Підсилювачі із генератором та переривачем.

– самостійна робота - 2 години;

Література: [2] С. 260-262.

Змістовий модуль 5. Вихідні каскади

Тема 14. Особливості аналізу прикінцевих (вихідних) каскадів підсилювачів

Вимоги, що пред'являють до прикінцевих каскадів підсилення та особливості їх розрахунку, що зумовлені використанням великої ділянки характеристики навантаження, а також нелінійністю ВАХ, яку необхідно урахувати.

Максимальна вихідна потужність. Режими роботи підсилюючих елементів у вихідних каскадах. Коефіцієнт корисної дії та дозволена потужність розсіювання на транзисторах з урахуванням температури навколишнього середовища. Енергетичні характеристики. Необхідність застосування радіаторів у потужних каскадах. Вибір транзисторів для кінцевого каскаду. Комплексне навантаження, еквівалентна схема гучномовця.

– лекцій –2 години;

– самостійна робота – 4 годин.

Література: [1] С. 190-194, [2] С. 263-265, [3] С. 221-239, [4] С. 130-137, [5] С. 233-292.

Тема 15. Однотактні та двохтактні підсилювачі потужності

Однотактні підсилювачі потужності. Побудова характеристик навантаження. Визначення нелінійних спотворень. Двотактні прикінцеві каскади. Особливості роботи та властивості двотактних каскадів у режимах класів А і В. Нелінійні спотворення у двотактних каскадах. Перехідні спотворення 1-го і 2-го роду. Безтрансформаторні двотактні каскади та їх аналіз. Застосування режиму класу АВ. Схеми зміщення вихідних транзисторів у режимі АВ. Застосування складених транзисторів у вихідному каскаді, схеми Дарлінгтона і Шиклаї. Схеми захисту транзисторів вихідного каскаду.

Різновиди вихідних каскадів потужності. Схеми із розвантаженням за струмом. Безпосереднє розвантаження за струмом. Непряме розвантаження за струмом. Підсилювачі з напругою живлення, що керується, режим класу A^+ . Схеми живлення із додатним зворотним зв'язком. Повільне регулювання напруги живлення. Схеми динамічного лінійного збудження. Методи зниження нелінійних спотворень у підсилювачах потужності. Придушення завад, спотворення опорного потенціалу.

Підсилювачі у інтегральному виконанні. Особливості побудовання підсилювачів на базі інтегральних мікросхем. Типові схеми включення. Приклади побудови підсилювачів потужності у інтегральному виконанні.

- лекцій – 4 години;
- самостійна робота – 10 годин.

Література: [1] С. 196-204, [2] С. 264-274, [3] С. 221-239, [4] С. 137-154, [5] С. 233-292, [7] С. 187-226, [8] С. 238-252, [9] С. 250-284.

Тема 16. Збільшення ефективності прикінцевих каскадів

Мостові і квазімостові вихідні каскади. Послідовне з'єднання каскадів. Паралельне з'єднання каскадів. Симетрична мостова схема з'єднання каскадів.

Прикінцеві каскади підсилення потужності з підвищеним ККД. Режим класу G. Прикінцеві каскади класу D. Різновиди ШИМ. Критерії реалізації. Зворотний зв'язок. Структурні схеми широтно-імпульсних модуляторів. Ключовий підсилювач потужності. Необхідність застосування фільтру нижніх частот у ключовому підсилювачі. Однотактні підсилювачі класу AD. Двотактні підсилювачі класу AD. Двотактні підсилювачі класу BD. Режим класу T у підсилювачах із мікропроцесорною реалізацією режиму D.

- лекцій – 1 година;
- самостійна робота – 3 години.

Література: [1] С. 204-206, [3] С. 221-239, [4] С. 155-169, [5] С. 233-292.

4 Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		лк	пр	лб	інд	с.р		лк	пр	лб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Модуль 1												
Змістовий модуль 1. Основні показники підсилювачів і характеристики підсилювачів												
Тема 1. Показники і характеристики пристроїв підсилення	4	2				2	2					2
Тема 2. Спотворення сигналів у підсилювачах	6	2				4	3					3
Тема 3. Класифікація режимів роботи	6	2		4		4	4					4
Змістовий модуль 2. Каскади попереднього підсилення												
Тема 4. Забезпечення режиму роботи активних пристроїв з постійного струму	6	1		1		4	7	1				6

Тема 5. Схеми включення активних приладів у підсилювальних каскадах	13	4		3		6	19	1		2		16
Тема 6. Аналіз резисторних каскадів у частотній області	13	3		2		8	13	1				12
Тема 7. Аналіз резисторних каскадів у часовій області	6	1		1		4	6					6
Тема 8. Корекція частотних характеристик підсилюючих каскадів і підсилювачів	6					6	6					6
Разом за модулем 1	60	15		7		38	60	3		2		55
Модуль 2												
Змістовий модуль 3. Зворотний зв'язок у пристроях підсилення сигналів												
Тема 9.Зворотний зв'язок у підсилювачах. Основні визначення і класифікація зворотних зв'язків	7	1				6	6					6
Тема 10. Аналіз підсилювачів, охоплених від'ємним зворотним зв'язком.	13	3		4		6	14	1		1		12
Змістовий модуль 4. Підсилювачі постійного струму												
Тема 11. Підсилювачі постійного струму прямого підсилення	4	1		1		2	8					8
Тема 12. Балансні і різницеві схеми каскадів.	10	3		2		5	12	1		1		10
Тема 13. Підсилювачі постійного струму з перетворенням сигналу.	2					2						
Змістовий модуль 5. Вихідні каскади												
Тема 14. Особливості аналізу прикінцевих (вихідних) каскадів підсилювачів	6	2				4	3					3
Тема 15. Однотактні і двотактні підсилювачі потужності	14	4				10	13	1				12
Тема 16. Збільшення ефективності	4	1				3	4					4

прикінцевих каскадів												
Разом за модулем 2	60	15		7		38	60	3		2		55
Усього годин	120	30		14		76	120	6		4		110

5 Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Дослідження параметрів і характеристик резисторних каскадів у діапазоні середніх частот	4
2	Дослідження амплітудно-частотних і часових характеристик RC-каскаду	3
3	Дослідження типів від'ємного зворотного зв'язку та його впливу на параметри підсилювача	4
4	Дослідження основних функціональних вузлів аналогової мікро схемотехніки: джерел стабільного струму і диференціального каскаду.	3
5	Дослідження основних характеристик каскадного підсилювача	-
	Разом	14

6 Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
	Підготовка до лабораторних та лекційних занять	38
	Підготовка до поточного контролю та іспиту	38
	Разом	76

7 Індивідуальні завдання

Розрахунково-графічні завдання, що виносяться на самостійну роботу

Їх найменування, зміст та облік навантаження студента у годинах
Варіанти розрахунково-графічних завдань.

7.1 Розрахунок каскаду зі спільним емітером у діапазоні звукових частот

7.1.1 Розрахунок низькочастотних значень малосигнальних параметрів біполярного транзистора – 0,5 години.

7.1.2 Розрахунок елементів каскаду за заданим значенням коефіцієнта підсилення з напруги – 1 година.

7.1.3 Розрахунок ланцюгів живлення, зміщення та стабілізації режиму – 0,5 години.

7.1.4 Розрахунок параметрів елементів транзисторного каскаду за заданими спотвореннями в зоні високих частот – 0,5 години.

7.1.5 Розрахунок елементів транзисторного каскаду за заданими

спотвореннями у зоні низьких частот – 0,5 години.

7.2 Розрахунок каскаду з паралельно-паралельним зворотним зв'язком

7.2.1 Розрахунок елементів каскаду за заданими значеннями вхідних та вихідних параметрів – 0,5 години.

7.2.2 Розрахунок ланцюгів живлення, зміщення та стабілізації режиму – 0,5 години.

7.2.3 Розрахунок параметрів елементів транзисторного каскаду за заданими спотвореннями в зоні високих частот – 0,5 години.

7.2.4 Розрахунок елементів транзисторного каскаду за заданими спотвореннями у зоні низьких частот – 0,5 години.

8 Методи навчання

Поєднання (різною мірою) пасивного, активного і інтерактивного методів на лекційних і лабораторних заняттях, використання системи дистанційного навчання MOODLE.

9 Методи контролю

Поточний, рубіжний, семестровий контроль (з урахуванням відвідування, виконання і захисту лабораторних робіт, тестування при здачі іспиту).

10 Розподіл балів, які отримують студенти

Приклад для іспиту

Поточне тестування та самостійна робота									
Змістовий модуль №1	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	100
	2	6	7	7	7	7	7	7	
Змістовий модуль №2	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	
	6	7	7	7	2	7	7	7	

T1, T2 ... T16 – теми змістових модулів.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
85-89	B	добре	
75-84	C		
70-74	D	задовільно	
60-69	E		

35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
1-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

11 Методичне забезпечення

1. Методичні вказівки до лабораторних занять з дисципліни “Основи схемотехніки” для студентів спеціальності 172 “Телекомунікації та радіотехніка” денної та заочної форм навчання / Укл. В.С. Кабак, Г.М. Сидоренко. – Запоріжжя: НУ “Запорізька політехніка”, 2021. – 64 с.

2. Методичні вказівки до самостійної роботи з дисципліни “Основи схемотехніки” для студентів спеціальності 172 “Телекомунікації та радіотехніка” денної та заочної форм навчання. Частина I / Укл. В.С. Кабак, Г.Ф. Вішник – Запоріжжя: НУ “Запорізька політехніка”, – 2021. – 62 с.

3. Методичні вказівки до самостійної роботи з дисципліни “Основи схемотехніки” для студентів спеціальності 172 “Телекомунікації та радіотехніка” денної та заочної форм навчання. Частина II / Укл. В.С. Кабак, Г.М. Сидоренко. – Запоріжжя: НУ “Запорізька політехніка”, 2021. – 62 с.

4. Методичні вказівки до лабораторних занять з дисципліни “Основи схемотехніки” для студентів спеціальності 172 “Телекомунікації та радіотехніка” денної та заочної форм навчання. Частина II / Укл. В.С. Кабак, Г.М. Сидоренко – Запоріжжя: НУ “Запорізька політехніка”, – 2021. – 74 с.

12 Рекомендована література

Базова

1. Кичак В.М. Основи схемотехніки. Аналогова та інтегральна схемотехніка [Текст]: Навчальний посібник / В.М. Кичак, В.Д. Рудик, А.О. Семенов, О.О. Семенова. – Вінниця: ВНТУ, – 2012. – 266 с.

2. Опадчий Ю.Ф. Аналоговая и цифровая электроника [Текст]: Учебник для вузов / Ю.Ф. Опадчий, О.П. Глудкин, А.Н. Гуров. Под. ред. О.П. Глудкина. – М.: Горячая линия – Телеком, – 2005. – 768 с.

3. Мамонкин И.Г. Усилительные устройства [Текст] / И.Г. Мамонкин. – М.: Связь, - 1979. – 360 с.

4. Павлов В.Н. Схемотехника аналоговых электронных устройств [Текст] / В.Н. Павлов, В.Н. Ногин – М.: Радио и связь, – 2003. – 320 с.

5. Остапенко Г.С. Усилительные устройства [Текст]: Учеб. пособие для вузов / Г.С. Остапенко – М.: Радио и связь, – 1989. – 400 с.

6. Кабак В.С. Електронний конспект лекцій [Текст]. [Електронний ресурс] /www.moodle.zp.edu.ua.

Допоміжна

7. Титце У. Полупроводниковая схемотехніка. 12 –изд. Том 1[Текст]: / У. Титце, К Шенк. Пер. с нем. – М.: ДМК Пресс, – 2008. – 832 с.

8. Шкритек П. Справочное руководство по звуковой семотехнике [Текст] Пер. с нем. / П .Шкритек. – М.: Мир, – 1991. – 446 с.

9. Войшвилло Г.В. Усилительный устройства [Текст]: Учебное пособие для вузов / Г.В. Войшвилло. – М.: Радио и связь, – 1983. – 264 с.

13 Інформаційні ресурси

1. www.moodle.zp.edu.ua.

2. www.zntu.edu.ua

3. www.rtt.zntu.edu.ua

ПЕРЕЛІК

контрольних питань на перший модульний контроль

- 1) Класифікація підсилювачів.
- 2) Основні параметри і характеристики підсилювачів?
- 3) Ідеальні амплітудно-частотна і фазочастотна характеристики?
- 4) Що таке лінійні спотворення? Види лінійних спотворень, їх кількісна оцінка.
- 5) Що таке нелінійні спотворення? Як кількісно оцінюють нелінійні та інтермодуляційні спотворення?
- 6) Які види спотворень визначають за амплітудно-частотною, фазочастотною і перехідною характеристикою?
- 7) Що є характерною відзнакою режимів роботи активного елементу? Охарактеризуйте кожен з режимів.
- 8) Поясніть поняття початкової робочої точки. Що означає термін “зміщення”?
- 9) Перелічіть основні фактори, які зумовлюють нестабільність і невизначеність сталої складової струму I_{k0} у схемі зміщення фіксованим струмом бази?
- 10) Перелічіть основні фактори , які зумовлюють нестабільність і невизначеність сталої складової струму I_{k0} у схемі зміщення фіксованою напругою база-емітер?
- 11) Схема емітерної термостабілізації.
- 12). Схема колекторної термостабілізації.
- 13) Параметричні схеми зміщення.
- 14) Поясніть поняття малосигнальні параметри транзистора. Як їх розрахувати?
- 15) Визначення основних схем включення активних пристроїв в ППС.
- 16) Приведіть основні характеристики схеми з СЕ?
- 17) Приведіть основні характеристики схеми з СБ?
- 18) Приведіть основні характеристики схеми з СК?

19) Особливості побудування багатокаскадних підсилювачів. Види міжкаскадного зв'язку.

20) Які недоліки і переваги підсилювальних трактів з ємнісним зв'язком?

21) Які недоліки і переваги підсилювальних трактів з трансформаторним зв'язком?

22) Наведіть схеми каскадних підсилювачів з послідовним і паралельним живленням

23) Типові багатотранзисторні конфігурації підсилювальних каскадів. Каскодне з'єднання СЕ-СБ.

24) Типові багатотранзисторні конфігурації підсилювальних каскадів. Побудування схем з емітерним зв'язком.

25) Привести еквівалентну схему Джіаколето для біполярних транзисторів.

26) Привести еквівалентну схему для польового транзистору.

27) Частотні властивості біполярних і польових транзисторів.

Визначити характерні частоти біполярного транзистору.

28) Наведіть еквівалентну схему резисторного каскаду.

29) Наведіть еквівалентну схему резисторного каскаду у області нижніх частот

30) Наведіть еквівалентну схему резисторного каскаду у області середніх частот.

31) Наведіть еквівалентну схему резисторного каскаду у області високих частот.

32) Визначити нормовану частотну характеристику резисторного каскаду у діапазоні нижніх частот.

33) Визначити нормовану частотну характеристику резисторного каскаду у діапазоні високих частот

34) Особливості розрахунку сталої часу у області нижніх частот для вхідного і вихідного кола каскаду.

35) Особливості розрахунку сталої часу в області високих частот для вхідного і вихідного кола каскаду.

36) Особливості аналізу резисторного каскаду у часовій області

37) Визначення спаду плоскої вершини імпульсу і тривалості фронту через нижню і верхню робочі частоти каскаду.

38) Закони додавання спотворень у багатокаскадному лінійному колі.

Сумарні спотворення у багатокаскадному підсилювачі.

Перелік питань, що виносяться на змістовий модуль для самостійної роботи

39) Особливості формування АЧХ широкосмугових трактів.

40) Вплив паразитних ємностей на формування АЧХ в області високих частот. Оптимальна побудова структури багатокаскадного широкосмугового підсилювача.

41) Каскодний підсилювач як широкосмуговий підсилювач.

42) Частотна корекція і основні принципи її організації.

- 43) Низькочастотна і високочастотна корекція.
- 44) Аналіз властивостей схеми високочастотної корекції з частотно-залежним навантаженням.
- 45) Аналіз властивостей схем високочастотної корекції з частотно-залежним від'ємним зворотнім зв'язком.

ПЕРЕЛІК

контрольних питань на другий модульний контроль

- 46) Види зворотного зв'язку, що використовується у підсилювачах.
- 47) Вплив від'ємного послідовно-послідовного зворотного зв'язку (Z-типу) на параметри підсилювача. Аналіз підсилювального каскаду з ВЗЗ Z-типу.
- 48) Вплив від'ємного послідовно-паралельного зворотного зв'язку (Н - типу) на параметри підсилювача. Аналіз підсилювальних каскадів з ВЗЗ Н - типу.
- 49) Вплив від'ємного паралельно-паралельного зворотного зв'язку (Y-типу) на параметри підсилювача. Аналіз підсилювальних каскадів з ВЗЗ Y-типу.
- 50) Вплив від'ємного паралельно-послідовного зворотного зв'язку (K-типу) на параметри підсилювача. Аналіз підсилювальних каскадів з ВЗЗ K-типу.
- 51) Стабілізуючий вплив ВЗЗ на коефіцієнт підсилення і режим роботи зі сталої складової.
- 52) Вплив ВЗЗ на амплітудну і наскрізну передавальну характеристику. Вплив ВЗЗ на амплітудно-частотну характеристику.
- 53) Особливості побудови підсилювачів постійного струму.
- 54) Диференціальний підсилювальний каскад у режимі малого сигналу.
- 55) Диференціальний підсилювальний каскад у режимі великого сигналу.
- 56) Джерела стабільного струму. Різновиди, основні характеристики.
- 57) Схеми зсуву рівня постійної напруги. Схеми, основні характеристики.
- 58) Особливості вихідних каскадів. Однотактні каскади підсилювачів потужності.
- 59) Двохтактні каскади підсилення потужності. Основні властивості.
- 60) Двохтактні каскади підсилення потужності у режимі В. Основні властивості.
- 61) Двохтактні каскади підсилення потужності у режимі АВ. Основні властивості.
- 62) Застосування складених транзисторів у вихідних каскадах. Схеми Дарлінгтона і Шиклаї.
- 63) Двохтактні каскади підсилення потужності з безпосереднім зв'язком із передкінцевим каскадом.
- 64) Підсилювачі потужності в інтегральному виконанні.
- 65) Мостові і квазімостові схеми двохтактних вихідних каскадів.
- 66) Прикінцеві каскади підсилення потужності з підвищеним ККД. Властивості однотактного підсилювача з ШІМ.
- 67) Прикінцеві каскади підсилення потужності з підвищеним ККД. Властивості двотактного підсилювача у режимі ВД.
- 68) Особливості побудування підсилювачів на базі інтегральних

мікросхем. Типові схеми включення.

69) Підсилювачі високої чутливості. Методи представлення і аналіз шумових властивостей аналогових трактів.

70) Джерела власних шумів підсилювальних трактів. Еквівалентні шумові схеми підсилювальних каскадів на біполярних, польових транзисторах, операційних підсилювачах.

Перелік питань, що виносяться на змістовий модуль для самостійної роботи

71) Регулятори підсилення. Призначення і місце включення. Потенціометричні і режимні регулятори.

72) Пасивні й активні регулятори тембру.

1 Опис навчальної дисципліни (другий модуль)

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 5	Галузь знань 17 Електроніка та телекомунікації	нормативна	
Змістових модулів – 7	Спеціальність, освітня програма 172 Телекомунікації та радіотехніка ОП «Радіотехніка»	Рік підготовки:	
Індивідуальне науково-дослідне завдання – курсова робота 30 годин		2-й	2-й
Загальна кількість годин – 150		Семестр	
		4-й	4-й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3 самостійної роботи студента – 5	Освітньо-кваліфікаційний рівень: Перший (бакалаврський)	Лекції	
		30 год.	6 год.
		Практичні, семінарські	
		год.	год.
		Лабораторні	
		14 год.	4 год.
		Самостійна робота	
		76 год.	110 год.
		Індивідуальні завдання: 30 год..	
		Вид контролю: залік	

Примітка:

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – 44/76/30;

для заочної форми навчання – 10/110/30.

2 Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета. Метою вивчення дисципліни "Основи схемотехніки" (другий модуль – інтегральна схемотехніка) є формування у студентів знань, навиків та умінь, що дозволить їм здійснювати проектування аналогових пристроїв на базі інтегральних мікросхем та використовувати їх для створення більш складних радіоелектронних засобів.

Дисципліна "Основи схемотехніки", яка вивчається у четвертому семестрі є логічним продовженням першого модуля курсу "Основи схемотехніки" третього навчального семестру і розташована у навчальному плані спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка" на стику дисциплін, які забезпечують базову теоретичну та інженерну підготовку радіоінженерів..

В процесі вивчення дисципліни "Основи схемотехніки", студенти на підставі отриманих знань щодо особливостей аналогової схемотехніки у дискретному виконанні, знайомляться з методами аналізу електронних пристроїв на базі інтегральних мікросхем (ІС), з основними параметрами і характеристиками аналогових ІС, різновидами спеціалізованих інтегральних мікросхем, принципами побудови пристроїв різного призначення на базі ІС, видами від'ємного зворотного зв'язку, що використовується в аналогових пристроях та іншими питаннями системо- та схемотехніки, які використовуються у сучасних засобах телекомунікацій

Завдання. Задачею дисципліни "Основи схемотехніки" у четвертому навчальному семестрі є ознайомлення студентів з принципом дії пристроїв обробки і перетворення аналогових сигналів, в тому числі схем на підставі операційних підсилювачів та спеціалізованих інтегральних мікросхем, навчання студентів сучасним методам аналізу і схемотехнічного проектування цих пристроїв із застосуванням електронно-обчислювальної техніки.

Вивчення дисципліни має прищепити студентам системний підхід до побудови пристроїв, що входять до складу радіотехнічних систем різного призначення.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен отримати **загальні компетенції:**

- здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово (ЗК-5);
- здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями (ЗК-7);
- знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності (ЗК-4);
- здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (ЗК-1);
- здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК-2);
- вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми (ЗК-8);

фахові компетенції:

- здатність вирішувати стандартні завдання професійної діяльності на основі інформаційної та бібліографічної культури із застосуванням інформаційно-комунікаційних технологій і з урахуванням основних вимог інформаційної безпеки (ПК-2);

- здатність використовувати базові методи, способи та засоби отримання, передавання, обробки та зберігання інформації) (ПК-3);
- здатність здійснювати комп'ютерне моделювання пристроїв, систем і процесів з використанням універсальних пакетів прикладних програм (ПК-4);
- здатність проводити інструментальні вимірювання в інформаційно-телекомунікаційних мережах, телекомунікаційних та радіотехнічних системах (ПК-6);
- готовність сприяти впровадженню перспективних технологій і стандартів (ПК-8);
- здатність здійснювати монтаж, налагодження, налаштування, регулювання, дослідну перевірку працездатності, випробування та здачу в експлуатацію споруд, засобів і устаткування телекомунікацій та радіотехніки (ПК-10);
- здатність скласти нормативну документацію (інструкції) з експлуатаційно-технічного обслуговування інформаційно-телекомунікаційних мереж, телекомунікаційних та радіотехнічних систем, а також за програмами випробувань (ПК-11);
- здатність проводити розрахунки у процесі проектування споруд і засобів інформаційно-телекомунікаційних мереж, телекомунікаційних та радіотехнічних систем, відповідно до технічного завдання з використанням як стандартних, так і самостійно створених методів, прийомів і програмних засобів автоматизації проектування (ПК-15).

Очікувані програмні результати навчання

Результати вивчення дисципліни деталізують наступні програмні результати:

- **знання** теорій та методів фундаментальних та загальноосвітніх наук в об'ємі необхідному для розв'язання спеціалізованих задач та практичних проблем у галузі професійної діяльності;
- **вміння** застосовувати базові знання основних нормативно – правових актів та довідкових матеріалів, чинних стандартів і технічних умов, інструкцій та інших нормативно-розпорядчих документів у галузі електроніки та телекомунікацій;
- **вміння** застосовувати знання в галузі інформатики й сучасних інформаційних технологій, обчислювальної і мікропроцесорної техніки та програмування, програмних засобів для розв'язання спеціалізованих задач та практичних проблем у галузі професійної діяльності;
- **вміння** проводити розрахунки елементів телекомунікаційних систем та систем телевізійного й радіомовлення, згідно технічного завдання у відповідності до міжнародних стандартів, з використанням засобів автоматизації проектування, в т. ч. створених самостійно;
- **вміння** проектувати, в т.ч. схемотехнічно нові (модернізуючи існуючі) елементи (модулі, блоки, вузли) телекомунікаційних та радіотехнічних систем, систем телевізійного й радіомовлення тощо;

- **вміння** діагностувати стан обладнання (модулів, блоків, вузлів) телекомунікаційних систем, інфокомунікаційних, телекомунікаційних мереж, радіотехнічних систем та систем телевізійного й радіомовлення тощо;
- **вміння** використовувати системи моделювання та автоматизації схемотехнічного проектування для розроблення елементів, вузлів, блоків радіотехнічних та телекомунікаційних систем;
- **здатність** до вибору методів та інструментальних засобів вимірювання параметрів та робочих характеристик телекомунікаційних систем, інфокомунікаційних, телекомунікаційних, телекомунікаційних мереж, радіотехнічних систем та систем телевізійного й радіомовлення та їх елементів;

В результаті вивчення дисципліни у четвертому семестрі студенти повинні:

- **знати** основну елементну базу аналогової інтегральної схемотехніки;
- **знати** принципи схемотехнічної реалізації масштабних і вимірювальних підсилювачів на базі операційних підсилювачів;
- **знати** основні причини та джерела похибки роботи операційної схеми та шляхи її мінімізації;
- **знати** принципи схемотехнічної реалізації аналогових схем, які виконують математичні операції;
- **знати** частотні властивості ОП та принципи формування частотних характеристик схем на базі ОП;
- **знати** принципи схемотехнічної реалізації та основні характеристики перетворювачів на базі ОП: перетворювачі струм – напруга, перетворювачі напруга – струм, логарифмічні та антилогарифмічні перетворювачі, перемножувачі сигналів;
- **уміти** читати електричні принципові схеми реальних пристроїв аналогової обробки сигналів в інтегральному виконанні для усіх діапазонів частот;
- **знати** сучасні методи аналізу і схемотехнічного проектування пристроїв аналогової обробки із застосуванням електронно-обчислювальної техніки;
- **вміти** проектувати пристрої аналогової обробки сигналів різного призначення;
- **бути ознайомленими** з особливостями схемотехнічних рішень, вибором елементної бази та конструкторською реалізацією аналогових пристроїв у різних діапазонах частот.

Зв'язок з іншими дисциплінами

Вивчення дисципліни "Основи схемотехніки" базується на фізико-математичній підготовці студентів, яку вони одержують під час вивчення дисципліни "Вища математика" та "Фізика"; на знанні методів аналізу електричних кіл, методів аналізу нелінійних електричних ланцюгів і критеріїв стійкості лінійних активних кіл зі зворотним зв'язком, які розглядаються під час вивчення дисципліни "Теорія електричних кіл та сигналів", на знанні характеристик і параметрів активних і пасивних елементів, що вивчаються у курсі "Електро- та радіоматеріали"; на знанні основ інформатики, прикладного програмування, з якими студенти знайомляться під час опанування дисциплін.

”Інформаційні технології”, ”Прикладне програмування”.

Матеріали, що вивчаються у дисципліні "Основи схемотехніки", використовуються студентами при вивченні дисциплін "Пристрої генерації та формування радіосигналів", "Пристрої прийому та обробки сигналів", "Електроживлення систем зв'язку", "Радіоавтоматика", "Теорія радіотехнічних систем", "Основи телебачення", "Радіовимірвальні пристрої та системи".

При проведенні занять необхідно забезпечити глибоке засвоєння студентами основ схемотехніки лінійних і нелінійних радіоелектронних пристроїв творчий підхід до матеріалу, що вивчається.

Схемотехніка, яка розглядається, повинна бути, в першу чергу, зорієнтована на використання аналогових інтегральних мікросхем для реалізації функціональних вузлів різноманітного призначення.

У придбанні навиків схемотехнічного проектування велику роль грає курсове проектування. Курсовий проект з основ схемотехніки є одним з перших, що виконуються під час навчання за ОП «Радіотехніка».

При виконанні проекту студенти ще не мають навиків проектування багатокаскадних пристроїв за наданими показниками. Тому, під час роботи над курсовим проектом потрібно забезпечити достатню кількість індивідуальних завдань. Необхідно, щоб при виконанні курсового проекту було забезпечене дотримання студентами галузевих стандартів і використання електронно-обчислювальної техніки.

3 Програма навчальної дисципліни

Модуль 1

Змістовий модуль 1. Задачі аналогової схемотехніки

Тема 1. Вступ. Основні параметри і характеристики операційних підсилювачів

Місце аналогової електроніки у сучасній техніці, зв'язок аналогової і цифрової схемотехніки. Значення курсу при підготовці радіоінженерів, його зміст, зв'язок з іншими дисциплінами навчального плану. Стисла історія розвитку аналогової інтегральної схемотехніки. Операційний підсилювач як базовий елемент вирішення задач аналогової обробки сигналів. Призначення виводів операційного підсилювача.

Поняття ідеального операційного підсилювача. Принципи ідеалізації. Статичні і динамічні параметри реального ОП. Типові амплітудно-частотна і фазочастотна характеристики ОП. Швидкість зростання вихідної напруги. Характеристика повної потужності. Класифікація ОП.

- лекцій – 1,5 години;
- самостійна робота – 2 години.

Література: [1] С. 208-216, [2] С. 83-90, [3] С. 5-13, 197-202, [4] С. 272-287, [5] С. 13-16, [7] С. 14-16.

Змістовий модуль 2. Масштабні підсилювачі на базі ОП

Тема 2. Інвертуючий підсилювач

Правило аналізу схем на підставі ОП, виходячи з принципу ідеалізації ОП. Інвертуючий підсилювач на ОП. Визначення типу від'ємного зворотного зв'язку і його вплив на параметри підсилювача. Коефіцієнт підсилення з напруги, вхідний і вихідний опір інвертуючого підсилювача. Вплив кінцевого значення коефіцієнта підсилення мікросхеми ОП на параметри інвертуючого підсилювача. Інвертуючий повторювач напруги.

- лекцій – 1 година;
- лабораторні роботи – 1 година;
- самостійна робота – 2 години.

Література: [1] С. 214-221, [3] С. 203-210, [4] С. 290-293, [5] С. 13-16, 35-46, [7] С. 20-21.

Тема 3. Неінвертуючий підсилювач

Неінвертуючий підсилювач на ОП. Визначення типу від'ємного зворотного зв'язку і його вплив на параметри підсилювача. Коефіцієнт підсилення з напруги, вхідний і вихідний опори інвертуючого підсилювача. Вплив кінцевого значення коефіцієнта підсилення мікросхеми ОП на параметри неінвертуючого підсилювача. Неінвертуючий повторювач напруги.

- лекцій – 1 година;
- лабораторні роботи – 1 година;
- самостійна робота – 2 години.

Література: [1] С. 221-224, [3] С. 203-210, [4] С. 289-290, [5] С. 18-19, [8] С. 18-19.

Тема 4. Підсилювач з диференціальним входом

Вимоги, що пред'являються до пристроїв підсилення з диференціальним входом на підставі ОП. Поняття синфазного і диференціального сигналів. Коефіцієнт підсилення з напруги, вхідний і вихідний опори підсилювача з диференціальним входом для корисного (різницевого) і синфазного сигналів.

- лекцій – 1 година;
- лабораторні роботи – 1 година;
- самостійна робота – 2 години.

Література: [1] С. 226-229, [3] С. 210-211, [4] С. 299-301, [7] С. 21-24.

Тема 5. Похибки операційної схеми, що виникають через неідеальність параметрів ОП

Вплив напруги зміщення, струму зміщення (вхідного струму ОП), струму зсуву (різниці вхідних струмів ОП) на вихідну напругу масштабного підсилювача. Компенсація похибки через кінцеве значення вхідних струмів ОП. Остаточна компенсація похибки за допомогою балансування. Переваги і недоліки схем внутрішнього і зовнішнього балансування. Похибка через кінцеве значення коефіцієнта придушення синфазного сигналу. Похибки, що зумовлені температурним дрейфом параметрів ОП.

- лекцій – 0,5 години;
- самостійна робота – 3 години.

Література: [3] С. 198-200, 229-232 [4] С. 293-299, [7] С. 53-56.

Тема 6. Вимірювальні підсилювачі

Вимоги, що пред'являються до вимірювальних підсилювачів. Коефіцієнт передачі синфазного сигналу, що виникає через технологічний розкид зовнішніх резисторів. Вимірювальний підсилювач на одному ОП, його недоліки. Використання підстроювання для підвищення коефіцієнту придушення синфазного сигналу ($K_{\text{ПСС}}$) Збільшення коефіцієнта передачі вимірювального підсилювача без використання високоомних резисторів. Балансування вимірювального підсилювача.

Вимірювальний підсилювач на двох ОП. Визначення коефіцієнта передачі для диференціального і синфазного сигналів. Можливість зміни коефіцієнта підсилення, варіант вимірювального підсилювача з використанням тільки інвертуючи входів.

Вимірювальні підсилювачі на трьох ОП. Визначення коефіцієнта передачі для диференціального і синфазного сигналів. Похибка вимірювального підсилювача від напруги зміщення і струмів зміщення.

Використання вимірювальних підсилювачів сумісно з давачами. Промислові однокристальні вимірювальні підсилювачі.

- лекцій – 2 години;
- лабораторні роботи – 2 години;
- самостійна робота – 6 годин.

Література: [3] С. 210-212, [4] С. 293-299, [5] С. 114-123, [7] С. 53-56, [8] С. 11-33.

Тема 7. Особливості використання ОП у попередніх підсилювачах змінного струму (підсилювачах звукових частот)

Типові схеми попередніх підсилювачів звукових частот із використанням ОП. Інвертуючі і неінвертуючі схеми. Аналіз частотних властивостей. Мікрофонні підсилювачі з несиметричним і симетричним входами. Особливості схемотехніки підсилювачів із використанням однополярного живлення ОП.

- лекцій – 0,5 години;
- самостійна робота – 2 години.

Література: [3] С. 229-232, [4] С. 340-347, [5] С. 35-46, [8] С. 11-33, [9] С. 117-121.

Тема 8. Підсилювачі з керованим коефіцієнтом підсилення

Способи управління коефіцієнтом підсилення. Управління підсиленням із використанням перемножувача. Плавні атенюатори. Пасивні подільники напруги. Регулювання підсилення за допомогою польових транзисторів. Промислові підсилювачі з керованим підсиленням. Автоматичне регулювання підсилення. Підсилювачі з цифровим управлінням. Управління підсиленням за допомогою аналогових ключів. Цифровий атенюатор із використанням ЦАП. Переключення

коефіцієнта підсилення за допомогою ЦАП.

- лекцій – 0,5 години;
- самостійна робота – 2 години.

Література: [3] С. 246-248, [8] С. 81-93 [9] С. 95-98.

Тема 9. Ізолюючі (розв'язувальні) підсилювачі

Призначення ізолюючих підсилювачів. Принцип дії. Види гальванічної розв'язки. Розв'язувальний підсилювач із використанням модуляції/демодуляції сигналів. Розв'язувальний підсилювач із лінеарізуючим зворотним зв'язком. Промислові ізолюючі підсилювачі.

- лекцій – 0,5 години;
- самостійна робота – 3 години.

Література: [5] С. 174-178, [7] С. 399-403, [8] С. 41-48.

Змістовий модуль 3. Динамічні властивості аналогових пристроїв на підставі ОП

Тема 10. Стійкість схем з використанням ОП. Амплітудно-частотні і фазочастотні характеристики схем на базі ОП

Шкала децибел. Нахил (швидкість спаду коефіцієнта підсилення) частотної характеристики для однокаскадного підсилювача (передавальна функція першого порядку). Швидкість спаду у багатокаскадному підсилювачі. Фазочастотна характеристика. Амплітудно-частотна і фазочастотна характеристики повністю зкомпенсованого ОП. Частотна характеристика схеми з ОП за наявності зворотного зв'язку. Здобуток коефіцієнта підсилення на смугу пропускання. Самозбудження схем із використанням ОП. Критерій стійкості на підставі логарифмічних частотних характеристик. Запас стійкості з фази. Корекція частотної характеристики. Компенсація вхідної ємності. Стабілізація схеми за великим ємнісним навантаженням. Швидкість зростання вихідного сигналу. Частота повної потужності.

- лекцій – 3 години;
- лабораторні роботи – 2 години;
- самостійна робота – 6 годин.

Література: [1] С. 216-218, [2] С. 87-90, [4] С. 280-282, [5] С. 340-347, [7] С. 66-107.

Тема 11. Підсилювачі-коректори АЧХ. Регулятори частотних характеристик

Вимоги, що пред'являються до підсилювачів-коректорів. Можливість реалізації корегуючих РС ланцюгів. Структура корегуючих кіл. Коректори на основі неінвертуючих схем: коректор НЧ з обмеженим спадом. Коректор з трьома межовими частотами, коректор з фільтром ВЧ. Інвертуючі коректори. Пасивні регулятори тембру. Активні регулятори тембру. Еквалайзери. Цифровий регулятор тембру.

- лекцій – 0,5 години;
- самостійна робота – 4 години.

Література: [4] С. 340-347, [8] С. 122-166.

Змістовий модуль 4. Перетворювачі на підставі ОП

Тема 12. Перетворювачі струму в напругу і напруги у струм

Перетворювач струму у напругу на підставі чотирьохвивідного резистора і ОП. Перетворювач на одному ОП. Похибки у роботі перетворювачів: похибки від напруги зміщення і вхідних струмів ОП, похибки коефіцієнта підсилення, частотна характеристика, шуми і завади.

Перетворювачі напруга – струм на одному ОП (інвертуюча і неінвертуюча схема). Використання підсилювачів потужності і подільників у колі зворотного зв'язку. Перетворювачі для плаваючих джерел сигналу. Перетворювач напруга струм із диференціальним входом (джерело струму Хоуланда).

Перетворювач напруга-струм великої потужності. Підключення декількох навантажень за допомогою узгоджених транзисторів. Однополярні джерела струму із використанням ОП. Джерела напруги.

- лекцій – 3 години;
- самостійна робота – 4 години.

Література: [3] С. 212-213, [5] С. 250-258, [6] С. 61-63 [7] С. 55-81.

Модуль 2

Змістовий модуль 5. Виконання математичних операцій аналоговими пристроями на базі ОП

Тема 13. Схеми додавання і віднімання

Інвертуючий суматор. Схема додавання з ваговими (масштабними) коефіцієнтами. Узагальнена схема додавання-віднімання. Умова балансу і її практичне виконання. Неінвертуючий суматор. Похибки у роботі суматорів. Питання стійкості підсумовуючих схем за великим значенням опорів. Обмеження на максимальне число входів. Рекомендації по вибору ОП. Використання суматорів у схемах пропорційного регулювання. Змішувачі сигналів на підстав суматорів.

- лекцій – 1 година;
- лабораторні роботи – 2 години;
- самостійна робота – 3 години.

Література: [1] С. 368-371, [3] С. 213-215, [4] С. 301-304, [5] С. 340-347, [6] С. 107-123, [7] С. 231-237.

Тема 14. Інтегратори і диференціатори

Пасивні і активні інтегратори. Ідеальний інтегратор. Швидкість дрейфу вихідної напруги. Реальний інтегратор. Частотна характеристика інтегратора для малих сигналів. Різновиди схем інтеграторів: додаючий інтегратор, диференціальний інтегратор, схема додавання вхідного сигналу і його інтеграла, подвійний інтегратор, три режимний інтегратор, цифро-аналоговий інтегратор. Інтегратори струму. Рекомендації по вибору елементів.

Пасивні і активні диференціатори. Нестійкість схеми ідеального диференціатора на ОП. Стабілізація схеми диференціатора. Частотна

характеристика стабілізованого диференціатора. Зкорегований диференціатор як частотний фільтр. Похибки схеми від неідеальності параметрів ОП (напруга зміщення, вхідні струми). Різновиди диференціаторів: додаючий диференціатор, різницевий диференціатор, схема додавання вхідного сигналу і його похідної. Рекомендації по вибору елементів.

- лекцій – 2 години;
- лабораторні роботи – 3 години;
- самостійна робота – 7 годин.

Література: [1] С. 229-231, [2] С. 224-235, [4] С. 306-315, [5] С. 340-347, [6] С. 126-150, [7] С. 182-203.

Тема 15. Логарифмічні та антилогарифмічні перетворювачі

Діодний логарифмічний перетворювач. Використання транзисторів для логарифмування: схема із заземленою базою, схема із діодним включенням транзисторів. Порівняльна характеристика обох схем включення. Застосування діодів для захисту транзисторів. Частотні характеристики (діаграми Бode) логарифмічних перетворювачів. Частотна корекція логарифмічного перетворювача. Практична схема логарифмічного перетворювача із використанням узгоджених транзисторів. Настроювання логарифмічного перетворювача. Рекомендації по вибору елементів.

Експоненціальні перетворювачі. Діодна схема. Основна схема експоненціального перетворювача із заземленою базою. Практична схема експоненціального перетворювача їх використанням узгоджених транзисторів.

- лекцій – 2 години;
- лабораторні роботи – 2 години;
- самостійна робота – 4 години.

Література: [1] С. 231-233, [3] С. 217-220, [4] С. 315-318, [5] С. 340-347, [6] С. 160-177, [7] С. 203-230.

Тема 16. Перемножувачі сигналів

Аналогові перемножувачі. Одноквадрантний, двоквадрантний і чотирьохквадрантний перемножувачі. Основні характеристики перемножувачів. Перемножувачі на основі польових транзисторів. Перемножувачі на підставі джерел струму, що керуються. Перемножувачі Джилберта. Перемножувачі із догарифмуванням і антилогарифмуванням сигналів. Імпульсні перемножувачі. Перемножувачі із використанням ЦАП і АЦП.

- лекцій – 1 година;
- самостійна робота – 4 години.

Література: [2] С. 100-110, [3] С. 250-258, [5] С. 340-347, [7] С. 237-259.

Змістовий модуль 6. Аналогова фільтрація

Тема 17. Активні фільтри

Основні визначення. Типи частотних характеристик фільтрів. Передавальні функції фільтрів. Полюси і частотна характеристики на перехідній ділянці.

Схеми і параметри фільтрів нижніх частот (ФНЧ): ФНЧ Салена-Кея, ФНЧ з

багатопетлевим зворотним зв'язком, ФНЧ на підставі конверторів повного опору. Схеми і параметри фільтрів верхніх частот (ФВЧ): ФВЧ Салена –Кея, ФВЧ з багатопетлевим зворотним зв'язком, ФВЧ на підставі конверторів повного опору. Схеми смугових фільтрів. Смуговий фільтр з багатопетлевим зворотним зв'язком. Смуговий фільтр на підставі конверторів повного опору.

Смуго-придушуючі фільтри. Режекторні фільтри. Схеми і параметри фазових фільтрів. Універсальний (багатоцільовий) активний фільтр. Каскадне включення фільтрів. Гиратори. Рекомендації по вибору елементів фільтрів, визначення бажаної передавальної функції.

- лекцій – 3 годин;
- самостійна робота – 6 годин.

Література: [1] С. 242-256, [2] С. 204-214, [3] С. 298-315, [4] С. 334-340, [6] С. 181-224, [7] С. 93-182.

Тема 18. Практичні питання побудови фільтрів

Стабільність параметрів. Вибір елементів, вимоги до операційних підсилювачів, резисторів і конденсаторів. Проектування фільтрів вищих порядків. Каскадне з'єднання фільтрів. Визначення бажаної передавальної функції. Фільтри Батерворта, Чебишова, Бесея, Кауера (еліптичні фільтри). Перетворення і масштабування. Перехід від передавальної функції до схеми.

- лекцій – 1 година;
- самостійна робота – 2 години.

Література: [1] С. 256-241, [2] С. 204-214, [3] С. 298-315, [4] С. 334-340, [6] С. 181-224, [7] С. 93-182.

Змістовий модуль 7. Аналогові пристрої спеціального призначення

Тема 19. Спеціалізовані інтегральні схеми

Принцип дії компараторів. Основні параметри і характеристики компараторів. Класифікація компараторів. Компаратори з додатним зворотним зв'язком (тригер Шмітта або компаратор з вікном). Цифро-аналогове перетворення. Цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП) з двійково-взваженими опорами. ЦАП типу R-2R. Аналого-цифрові перетворювачі (АЦП). Паралельний АЦП. АЦП з двотактним інтегруванням. АЦП з послідовною апроксимацією (порозрядним кодуванням). Аналогові ключі. Струморізницеві підсилювачі. Таймери.

- лекцій – 2 годин;
- самостійна робота – 2 години.

Література: [2] С. 92-100, 110-122, 274-300, [3] С. 237-241, [4] С. 349-370, 370-414, 736-762, [6] С. 342-365, 371-388.

Тема 20. Обмежувачі, пікові детектори і випрямлячі

Односторонній і двосторонній обмежувачі на стабілітроні. Діодна фіксація на заданому рівні. Інвертуючий підсилювач-обмежувач зі стабілітроном. Обмежувач на стабілітроні з діодним мостом. Діодний мостовий обмежувач. Обмежувач на ОП з керуванням напругою. Пікові детектори. Діодні пікові

детектори. Двокаскадні пікові детектори на підставі ОП. Пікові детектори зі зворотним зв'язком. Пікові детектори на підставі мікросхем. Прецизійні однопівперіодні випрямлячі. Двопівперіодні випрямлячі на одному і двох ОП. Універсальний двопівперіодний випрямляч. Вимірювання пікового, середнього і ефективного значень. Основні визначення, коефіцієнт форми, пік-фактор. Схеми для вимірювання пікових значень. Схеми для вимірювання середньовипрямлених значень. Схеми для вимірювання середньоквадратичних значень.

- лекцій – 1,5 години;
- самостійна робота – 4 години.

Література: [2] С. 265-267, [3] С. 232-237, [4] С. 327-329, [6] С. 233-236, [7] С. 241-255, 277-315.

Тема 21. Шуми у пристроях обробки аналогових сигналів

Теплові шуми. Дробові шуми (шуми Шоттки). Фліккер-шум. Відношення сигнал/шум. Коефіцієнт шуму і фактор шуму. Наведення. Заземлення.

- лекцій – 1 година;
- самостійна робота – 4 години.

Література: [2] С. 196-203, [3] С. 258-276, [6] С. 410-416.

Тема 22. Інтегральні схеми спеціального призначення

Стабілізатори напруги. Інтегральні підсилювачі потужності.. Відеопідсилювачі. Балансні модулятори-демодулятори. Схеми вибірки-зберігання. Генератори, що керуються напругою. Фазове автопідстроювання частоти. Температурні датчики на підставі інтегральних схем. Інтегральні датчики магнітного поля. Інтегральні схеми – датчики тиску. Прилади з перенесенням заряду. Оптоелектронні ІС. Інші типи ІС спеціального призначення.

- лекцій – 0,5 годин;
- самостійна робота – 2 години.

Література: [2] С. 342-347, 258-259, 300-310, 396-412, [3] С. 298-315, [4] С. 70-91, [5] С. 334-340, [6] С. 265-303, [7] С. 339-340.

4 Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		лк	пр	лб	інд	с.р		лк	пр	лб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Модуль 1												
Змістовий модуль 1. Задачі аналогової схемотехніки												
Тема 1. Вступ. Основні параметри і характеристики ОП	3,5	1,5				2	3,5	0,5				3
Змістовий модуль 2. Масштабні підсилювачі на базі ОП												
Тема 2. Інвертуючий підсилювач.	4	1		1		2	4,5	0,5		1		3

Тема 3. Неінвертуючий підсилювач	4	1		1		2	4,5	0,5		1		3
Тема 4. Підсилювач з диференціальним входом	4	1		1		2	3					3
Тема 5. Похибки операційної схеми, що виникають через неідеальність параметрів ОП.	3,5	0,5				3	5					5
Тема 6. Вимірювальні підсилювачі	10	2		2		6	8,5	0,5				8
Тема 7. Особливості використання ОП у попередніх підсилювачах змінного струму	2,5	0,5				2	3					3
Тема 8. Підсилювачі з керованим коефіцієнтом підсилення.	2,5	0,5				2	3					3
Тема 9. Ізольовані (розв'язувальні) підсилювачі	3,5	0,5				3	3					3
Змістовий модуль 3. Динамічні властивості аналогових пристроїв на базі ОП												
Тема 10. Стійкість схем з використанням ОП. АЧХ і ФЧХ схем на базі ОП	11	3		2		6	10	1				9
Тема 11. Підсилювачі-коректори АЧХ. Регулятори частотних характеристик	4,5	0,5				4	6					6
Змістовий модуль 4. Перетворювачі на базі ОП												
Тема 12. Перетворювачі струму у напругу і напруги у струм	7	3				4	6					6
Курсове проектування	15					15	15					15
Разом за модулем 1	75	15		7		53	75	3		2		70

Модуль 2												
Змістовий модуль 5. Виконання математичних операцій аналоговими пристроями на базі ОП												
Тема 13. Схеми додавання і віднімання	6	1		2		3	5,5	0,5				5
Тема 14. Інтегратори і диференціатори	12	2		3		7	9,5	0,5		1		8
Тема 15. Логарифмічні і антилогарифмічні перетворювачі	8	2		2		4	7,5	0,5		1		6
Тема 16. Перемножувачі сигналів	5	1				4	5,5	0,5				5
Змістовий модуль 6. Аналогова фільтрація												
Тема 17. Активні фільтри	9	3				6	10	1				9
Тема 18. Практичні питання побудови фільтрів	3	1				2	4					4
Змістовий модуль 7. Аналогові пристрої спеціального призначення												
Тема 19. Спеціалізовані інтегральні схеми	4	2				2	3					3
Тема 20. Обмежувачі, пікові детектори і випрямлячі	5,5	1,5				4	6					6
Тема 21. Шуми у пристроях обробки аналогових сигналів	5	1				4	6					6
Тема 22. Інтегральні схеми спеціального призначення	2,5	0,5				2	3					3
Курсове проектування	15					15	15					15
Разом за модулем 2	75	15		7		53	75	3		2		70
Усього годин	150	30		14		106	150	6		4		140

5 Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Дослідження масштабних підсилювачів	2
2	Дослідження вимірювальних підсилювачів	3
3	Дослідження частотних характеристик масштабних підсилювачів	2
4	Дослідження схем додавання-віднімання	2
5	Дослідження характеристик інтеграторів і диференціаторів	3
6	Дослідження логарифмічних і антилогарифмічних перетворювачів	2
	Разом	14

6 Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Підготовка до лабораторних та лекційних занять	38
2	Підготовка до поточного контролю та заліку	38
3	Виконання курсової роботи	30
	Разом	106

7 Індивідуальні завдання

Склад, обсяг і терміни виконання змістових модулів курсової роботи з дисципліни “Основи схемотехніки”

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		лк	пр	лб	інд	с.р.		лк	пр	лб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Модуль 1												
Змістовий модуль 1. Вибір і обґрунтування принципової схеми підсилювача у дискретному виконанні												
Тема 1. Вибір числа каскадів підсилювача	0,5				0,5		0,5				0,5	
Тема 2. Попередній вибір схемної реалізації вихідного каскаду	0,5				0,5		0,5				0,5	
Тема 3. Попередній вибір схемної реалізації проміжного каскаду	0,5				0,5		0,5				0,5	

Тема 4. Попередній вибір схемної реалізації вхідного каскаду.	0,5				0,5		0,5				0,5	
Змістовий модуль 2. Електричний розрахунок вихідного каскаду												
Тема 5. Розрахунок напруги живлення.	1				1		1				1	
Тема 6. Енергетичний розрахунок вихідного кола прикінцевого каскаду.	1				1		1				1	
Тема 7. Вибір транзисторів прикінцевого каскаду	1				1		1				1	
Тема 8. Попередній розрахунок колекторного кола передкінцевого каскаду	1				1		1				1	
Тема 9. Уточнення схемної реалізації і схеми включення транзисторів вихідного каскаду	0,5				0,5		0,5				0,5	
Тема 10. Розрахунок радіаторів транзисторів вихідного каскаду	0,5				0,5		0,5				0,5	
Змістовий модуль 3. Електричний розрахунок передкінцевого каскаду												
Тема 11. Обґрунтування схеми передкінцевого каскаду схеми	2				2		2				2	
Тема 12. Остаточний розрахунок колекторного кола передкінцевого каскаду	2				2		2				2	
Тема 13. Розрахунок базового кола транзистора передкінцевого каскаду	0,5				0,5		0,5				0,5	

Змістовий модуль 4. Електричний розрахунок вхідного каскаду												
Тема 14. Обґрунтування схемотехніки вхідного каскаду	1				1		1				1	
Тема 15. Розрахунок колекторного кола вхідного каскаду	2				2		2				2	
Тема 16. Розрахунок базового кола вхідного каскаду	0,5				0,5		0,5				0,5	
Змістовий модуль 5. Остаточний розрахунок елементів підсилювача												
Тема 17. Розрахунок елементів кола зворотного зв'язку	1				1		1				1	
Тема 18. Розрахунок елементів, що визначають лінійні спотворення	2				2		2				2	
Змістовий модуль 6. Розрахунок підсилювача на ЕОМ за допомогою ППП "Microcap-9"												
Тема 19. Розрахунок режиму з постійного струму	1				1		1				1	
Тема 20. Отримання АЧХ і ФЧХ підсилювача з ВЗЗ і без ВЗЗ	1				1		1				1	
Тема 21. Розрахунок нелінійних спотворень підсилювача	1				1		1				1	
Змістовий модуль 7. Вибір, обґрунтування і розрахунок елементів принципової схеми підсилювача в інтегральному виконанні												
Тема 22. Визначення типу мікросхеми і способів забезпечення вимог ТУ	1				1		1				1	
Тема 23. Розрахунок зовнішніх елементів схеми	1				1		1				1	
Оформлення графічної частини роботи	1				1		1				1	
Захист курсового проекту	6				6		6				6	
Усього годин	30				30		30				30	

8 Методи навчання

Поєднання (різною мірою) пасивного, активного і інтерактивного методів на лекційних і лабораторних заняттях, на консультаціях по курсовому проектуванню, використання системи дистанційного навчання MOODLE..

9 Методи контролю

Поточний, рубіжний, семестровий контроль (з урахуванням відвідування, виконання і захисту лабораторних робіт, виконання графіку курсового проектування, тестування при складанні модулів та заліку).

10 Розподіл балів, які отримують студенти

Приклад для заліку

Поточне тестування та самостійна робота												Сума	
Модуль №1	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	100
	4	4	4	4-	4	4	4	4	4	6	3	5	
Модуль №2	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	T21	T22			
	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5			

T1, T2 ... T22 – теми змістових модулів.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
85-89	B	добре	
75-84	C		
70-74	D	задовільно	
60-69	E		
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
1-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

11 Методичне забезпечення

1. Методичні вказівки до лабораторних занять з дисципліни “Основи схемотехніки” (другий модуль – інтегральна схемотехніка) для студентів спеціальності 172 “Телекомунікації та радіотехніка” денної та заочної форм навчання / Укл. В.С. Кабак, Г.М. Сидоренко. – Запоріжжя: НУ “Запорізька політехніка”, 2021. – 64 с.

2. Методичні вказівки до самостійної роботи з дисципліни “Основи схемотехніки” (другий модуль – інтегральна схемотехніка) для студентів спеціальності 172 “Телекомунікації та радіотехніка” денної та заочної форм навчання. / Укл. В.С. Кабак, Г.Ф. Вішник – Запоріжжя: НУ “Запорізька політехніка”, 2021. – 62 с.

3. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни “Основи схемотехніки” для студентів спеціальності 172 “Телекомунікації та радіотехніка” денної та заочної форм навчання. Частина I. / Укл. В.С. Кабак, Г.Ф. Вішник – Запоріжжя: НУ “Запорізька політехніка”, 2021. – 62 с.

4. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни “Основи схемотехніки” для студентів спеціальності 172 “Телекомунікації та радіотехніка” денної та заочної форм навчання. Частина II. / Укл. В.С. Кабак, Г.М. Сидоренко – Запоріжжя: НУ “Запорізька політехніка”, 2021. – 62 с.

12 Рекомендована література

Базова

1. Кичак В.М. Основи схемотехніки. Аналогова та інтегральна схемотехніка Навчальний посібник [Текст] / В.М. Кичак, В.Д. Рудик, А.О. Семенов, О.О. Семенова. – Вінниця: ВНТУ, 2012. – 266 с.

2. В.А. Прянишников. Электроника курс лекций [Текст] / В.А. Прянишников – СПб.: КОРОНА, 2000. – 416 с.

3. Павлов В.Н., Схемотехника аналоговых электронных устройств [Текст] / В.Н. Павлов, В.Н. Ногин – М.: Радио и связь, 2003. – 320 с.

4. Опадчий Ю.Ф. Аналоговая и цифровая электроника Учебник для ВУЗов [Текст]: / Ю.Ф. Опадчий, О.П. Глудкин, А.Н. Гуров. Под. ред. О.П. Глудкина. – М.: Горячая линия – Телеком, 2005. – 768 с.

5. Волович Г.И. Схемотехника аналоговых и аналогово-цифровых электронных устройств [Текст] / Г.И. Волович М.: Издательский дом “Додэка – ХХ1”, 2005. – 528 с.

6. Електронний конспект лекцій. [Електронний ресурс] режим доступу: [//www.moodle.zp.edu.ua](http://www.moodle.zp.edu.ua).

Допоміжна

7. Фолкенберри Л. Применение операционных усилителей и линейных ИС [Текст] : Пер. с англ. / Л. Фолкенберри – М.: Мир, 1985. – 572 с.

8. Пейтон А. Дж. Аналоговая электроника на операционных усилителях.

[Текст] / А.Дж. Пейтон, В. Волш. – М.: БИНОМ, 1994. – 352 с.

9. Шкритек П. Справочное руководство по звуковой семотехнике. [Текст] Пер. с нем. / П. Шкритек – М.: Мир, 1991. – 446 с.

10. Титце У. Полупроводниковая схемотехника. 12 –изд. Том 1[Текст]: / У. Титце, К Шенк. Пер. с нем. – М.: ДМК Пресс, 2008. – 832 с.

13 Інформаційні ресурси

4. www.moodle.zp.edu.ua.

5. www.zntu.edu.ua

6. www.rtt.zntu.edu.ua

ПЕРЕЛІК

контрольних питань на перший модульний контроль

1) Операційний підсилювач як наближення до “ідеального підсилювача”. Принципи ідеалізації.

2) Основні параметри і характеристики ОП. Температурна залежність параметрів.

3) Інвертуючий підсилювач. Визначення типу від’ємного зворотного зв’язку. Коефіцієнт підсилення з напруги, вхідний і вихідний опори інвертуючого підсилювача.

4) Неінвертуючий підсилювач. Визначення типу від’ємного зворотного зв’язку. Коефіцієнт підсилення з напруги, вхідний і вихідний опори неінвертуючого підсилювача.

5) Підсилювач з диференціальним входом. Визначення коефіцієнта підсилення, вхідного опору для диференціального і синфазного сигналів.

6) Похибки у роботі операційної схеми на підставі ОП через неідеальність параметрів ОП. Вплив напруги зміщення, вхідного струму і різниці вхідних струмів на вихідну напругу.

7) Балансування схем із використанням ОП. Схеми внутрішнього і зовнішнього балансування для інвертуючого, неінвертуючого підсилювачів. Особливості балансування підсилювача з диференціальним входом.

8) Основні вимоги, що висуваються до вимірювальних підсилювачів. Вимірювальний підсилювач на одному ОП. Визначення результуючого значення коефіцієнта придушення синфазного сигналу.

9) Вимірювальний підсилювач на двох ОП. Переваги і недоліки.

10) Класична схема вимірювального підсилювача на трьох ОП. Визначення коефіцієнта підсилення для диференціального сигналу і результуючого коефіцієнта придушення синфазного сигналу.

11) Типові схеми каскадів попереднього підсилення із використанням операційних підсилювачів (інвертуюче, неінвертуюче включення ОП, каскад з диференціальним входом).

12) Способи управління коефіцієнтом підсилення. Атенюатори. Пасивні подільники напруги. Регулювання підсилення за допомогою польових

транзисторів. Підсилювачі з цифровим управлінням.

13) Принцип дії ізолюючих підсилювачів. Види гальванічної розв'язки. Розв'язувальні підсилювачі із використанням модуляції/демодуляції сигналів, лінеарізуючого від'ємного зворотного зв'язку.

14) Поняття про логарифмічні амплітудно-частотні і фазочастотні характеристики. Шкала децибел. ЛАЧХ каскаду з однополюсною передавальною функцією. Діаграми Боде.

15) Визначення швидкості спаду ЛАЧХ в однокаскадному підсилювачі. ЛАЧХ і ФЧХ багатокаскадного підсилювача.

16) Частотна характеристика операційної схеми за наявності від'ємного зворотного зв'язку. Здобуток коефіцієнта підсилення на смугу пропускання.

17) Самозбудження схем на підставі ОП.

18) Критерій стійкості схем з ВЗЗ із використанням ОП на підставі ЛАЧХ. Запаси стійкості.

19) Корекція АЧХ ОП.

20) Компенсація вхідної ємності. Стабілізація схеми за великого значенням ємнісного навантаження.

21) Динамічні параметри схем на підстав ОП. Швидкість зростання вихідної напруги. Частота повної потужності.

22) Перетворювачі струм-напруга. Перетворювач струму у напругу на підставі чотирьохвивідного резистора і ОП. Перетворювач на одному ОП. Похибки у роботі перетворювачів

23) Перетворювачі напруга – струм на одному ОП (інвертуюча і неінвертуюча схема). Визначення коефіцієнту перетворення. Використання підсилювачів потужності і подільників у колі зворотного зв'язку.

24) Перетворювачі для плаваючих джерел сигналу.

25) Перетворювач напруга струм із диференціальним входом (джерело струму Хоуланда).

26) Перетворювач напруга-струм великої потужності. Підключення декількох навантажень за допомогою узгоджених транзисторів.

27) Однополярні джерела струму із використанням ОП. Джерела напруги.

ПЕРЕЛІК

контрольних питань на другий модульний контроль

28) Інвертуючий суматор. Схема додавання з ваговими (масштабними) коефіцієнтами.

29) Узагальнена схема додавання-віднімання. Умова балансу і її практичне виконання. Неінвертуючий суматор.

30) Пасивні і активні інтегратори. Ідеальний інтегратор. Швидкість дрейфу вихідної напруги. Реальний інтегратор. Частотна характеристика інтегратора для малих сигналів.

31) Різновиди схем інтеграторів: додаючий інтегратор, диференціальний інтегратор, схема додавання вхідного сигналу і його інтеграла, подвійний інтегратор.

32) Пасивні і активні диференціатори. Нестійкість схеми ідеального диференціатора на ОП. Стабілізація схеми диференціатора. Частотна характеристика стабілізованого диференціатора.

33) Різновиди диференціаторів: додаючий диференціатор, різницевий диференціатор, схема додавання вхідного сигналу і його похідної.

34) Діодний логарифмічний перетворювач. Використання транзисторів для логарифмірування: схема із заземленою базою, схема із діодним включенням транзисторів. Порівняльна характеристика обох схем включення.

35) Частотні характеристики (діаграми Бode) логарифмічних перетворювачів. Частотна корекція логарифмічного перетворювача.

36) Експоненціальні перетворювачі. Діодна схема. Основна схема експоненціального перетворювача із заземленою базою.

37) Аналогові перемножувачі. Одноквадрантний, двоквадрантний і чотирьохквадрантний перемножувачі. Основні характеристики перемно-жувачів.

38) Види перемножувачів сигналів.

39) Типи частотних характеристик фільтрів. Передавальні функції фільтрів. Полюси і частотна характеристики на перехідній ділянці.

40) Схеми і параметри фільтрів нижніх частот (ФНЧ). ФНЧ Салена-Кея. ФНЧ з багатопетлевим зворотним зв'язком. ФНЧ на підставі конверторів повного опору.

41) Схеми і параметри фільтрів нижніх частот (ФВЧ). ФВЧ Салена –Кея. ФВЧ з багатопетлевим зворотним зв'язком. ФВЧ на підставі конверторів повного опору .

42) Схеми смугових фільтрів. Смуговий фільтр з багатопетлевим зворотним зв'язком. Смуговий фільтр на підставі повного опору. на підставі конверторів повного опору.

43) Смуго-подавляючі фільтри. Режекторні фільтри. Схеми і параметри фазових фільтрів.

44) Універсальний (багатоцільовий) активний фільтр.

45) Принцип дії компараторів. Основні параметри і характеристики компараторів. Класифікація компараторів. Компаратори з додатним зворотним зв'язком.

46) Цифро-аналогове перетворення. Цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП) з двійково-взваженими опорами. ЦАП типу R-2R

47) Аналого-цифрові перетворювачі (АЦП). Паралельний АЦП.

48) Аналого-цифрові перетворювачі (АЦП). АЦП з двотактним інтегруванням.

49) Аналого-цифрові перетворювачі (АЦП). АЦП з послідовною апроксимацією (порозрядним кодуванням).

50) Аналогові ключі.

51) Односторонні і двосторонні обмежувачі із використанням діодів, стабілітронів і ОП.

52) Пікові детектори на підставі ОП.

53) Прецизійні однопівперіодні випрямлячі. Двопівперіодні випрямлячі на одному і двох ОП.

- 54) Визначення коефіцієнта форми, пік-фактору. Схеми для вимірювання пікових, середньовипрямлених і середньоквадратичних значень.
- 55) Стабілізатори напруги у інтегральному виконанні.
- 56) Особливості інтегральних підсилювачів потужності.
- 57) Відеопідсилювачі.
- 58) Схеми вибірки зберігання

Опис навчальної дисципліни (третій модуль)

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 3,5	Галузь знань 17 Електроніка та телекомунікації	нормативна	
Змістових модулів – 1	Спеціальність, освітня програма 172 Телекомунікації та радіотехніка ОП «Радіотехніка»	Рік підготовки:	
Індивідуальне науково-дослідне завдання –		3-й	3-й
Загальна кількість годин – 105		Семестр	
		5-й	5-й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3 самостійної роботи студента – 4	Освітньо-кваліфікаційний рівень: Перший (бакалаврський)	Лекції	
		30 год.	6 год.
		Практичні, семінарські	
		год.	год.
		Лабораторні	
		15 год.	4 год.
		Самостійна робота	
		60 год.	95 год.
	Індивідуальні завдання:		
	Вид контролю: іспит		

Примітка:

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – 45/60;

для заочної форми навчання – 10/95

2 Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета. Метою вивчення дисципліни "Основи схемотехніки" (третій модуль – цифрова схемотехніка) є формування у студентів знань, навиків та умінь, що дозволить їм здійснювати проектування цифрових пристроїв на базі інтегральних мікросхем та використовувати їх для створення більш складних радіоелектронних засобів.

Дисципліна "Основи схемотехніки", яка вивчається у п'ятому семестрі є логічним продовженням першого та другого модулів курсу "Основи схемотехніки" третього та четвертого навчальних семестрів і розташована у навчальному плані спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка" на стику

дисциплін, які забезпечують базову теоретичну та інженерну підготовку радіоінженерів..

В процесі вивчення дисципліни "Основи схемотехніки", студенти на підставі отриманих знань щодо особливостей цифрової схемотехніки у дискретному виконанні, знайомляться з методами аналізу електронних пристроїв на базі цифрових інтегральних мікросхем (ІС), з основними параметрами і характеристиками цифрових ІС, принципами побудови пристроїв різного призначення на базі ІС,

Завдання. Задачею дисципліни "Основи схемотехніки" у п'ятому навчальному семестрі є ознайомлення студентів з принципом дії цифрових пристроїв обробки і перетворення сигналів, навчання студентів сучасним методам аналізу та схемотехнічного проектування цих пристроїв із застосуванням електронно-обчислювальної техніки.

Вивчення дисципліни має прищепити студентам системний підхід до побудови пристроїв, що входять до складу радіотехнічних систем різного призначення.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен отримати

загальні компетенції:

- здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (ЗК-1);
- здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК-2);
- здатність планувати та управляти часом (ЗК-3);
- знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності (ЗК-4);
- здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово (ЗК-5);
- здатність працювати в команді (ЗК-6);
- здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями (ЗК-7);
- вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми (ЗК-8).

фахові компетенції:

– здатність вирішувати стандартні завдання професійної діяльності на основі інформаційної та бібліографічної культури із застосуванням інформаційно-комунікаційних технологій і з урахуванням основних вимог інформаційної безпеки (ПК-2);

– здатність використовувати базові методи, способи та засоби отримання, передавання, обробки та зберігання інформації) (ПК-3);

– здатність здійснювати комп'ютерне моделювання пристроїв, систем і процесів з використанням універсальних пакетів прикладних програм (ПК-4) ;

– здатність проводити інструментальні вимірювання в інформаційно-телекомунікаційних мережах, телекомунікаційних та радіотехнічних системах (ПК-6);

– готовність сприяти впровадженню перспективних технологій і стандартів (ПК-8) ;

– здатність здійснювати монтаж, налагодження, налаштування, регулювання, досліду перевірку працездатності, випробування та здачу в

експлуатацію споруд, засобів і устаткування телекомунікацій та радіотехніки (ПК-10);

- здатність складати нормативну документацію (інструкції) з експлуатаційно-технічного обслуговування інформаційно-телекомунікаційних мереж, телекомунікаційних та радіотехнічних систем, а також за програмами випробувань (ПК-11) ;

- здатність проводити розрахунки у процесі проектування споруд і засобів інформаційно-телекомунікаційних мереж, телекомунікаційних та радіотехнічних систем, відповідно до технічного завдання з використанням як стандартних, так і самостійно створених методів, прийомів і програмних засобів автоматизації проектування (ПК-15).

Очікувані програмні результати навчання

Результати вивчення дисципліни деталізують наступні програмні результати:

- **знання** теорій та методів фундаментальних та загальноосвітніх наук в об'ємі необхідному для розв'язання спеціалізованих задач та практичних проблем у галузі професійної діяльності;

- **вміння** застосовувати базові знання основних нормативно – правових актів та довідкових матеріалів, чинних стандартів і технічних умов, інструкцій та інших нормативно-розпорядчих документів у галузі електроніки та телекомунікацій;

- **вміння** застосовувати знання в галузі інформатики й сучасних інформаційних технологій, обчислювальної і мікропроцесорної техніки та програмування, програмних засобів для розв'язання спеціалізованих задач та практичних проблем у галузі професійної діяльності;

- **вміння** проводити розрахунки цифрових елементів телекомунікаційних систем та систем телевізійного й радіомовлення, згідно технічного завдання у відповідності до міжнародних стандартів, з використанням засобів автоматизації проектування, в т. ч. створених самостійно;

- **вміння** проектувати, в т.ч. схемотехнічно нові (модернізуючи існуючі) цифрові елементи (модулі, блоки, вузли) телекомунікаційних та радіотехнічних систем та систем телевізійного й радіомовлення тощо;

- **вміння** діагностувати стан цифрового обладнання (модулів, блоків, вузлів) телекомунікаційних систем, інфокомунікаційних, телекомунікаційних мереж, радіотехнічних систем та систем телевізійного й радіомовлення тощо;

- **вміння** використовувати системи моделювання та автоматизації схеми технічного проектування для розроблення цифрових елементів, вузлів, блоків радіотехнічних та телекомунікаційних систем;

- **здатність** до вибору методів та інструментальних засобів вимірювання параметрів та робочих характеристик телекомунікаційних систем, інфокомунікаційних, телекомунікаційних, телекомунікаційних мереж, радіотехнічних систем та систем телевізійного й радіомовлення та їх елементів;

В результаті вивчення дисципліни у п'ятому семестрі студенти повинні:

- **знати** основну елементну базу цифрової інтегральної схемотехніки;
- **знати** принципи схемотехнічної реалізації типових цифрових комбінаційних вузлів, та вузлів з пам'яттю.
- **знати** основні причини та джерела похибки роботи операційної схеми та шляхи її мінімізації;
- **знати** принципи схемотехнічної реалізації аналогових схем, які виконують математичні операції;
- **знати** частотні властивості ОП та принципи формування частотних характеристик схем на базі ОП;
- **знати** принципи схемотехнічної реалізації та основні характеристики перетворювачів на базі ОП: перетворювачі струм – напруга, перетворювачі напруга – струм, логарифмічні та антилогарифмічні перетворювачі, перемножувачі сигналів;
- **уміти** читати електричні принципові схеми реальних пристроїв аналогової обробки сигналів в інтегральному виконанні для усіх діапазонів частот;
- **знати** сучасні методи аналізу та схемотехнічного проектування пристроїв аналогової обробки із застосуванням електронно-обчислювальної техніки;
- **вміти** проектувати пристрої аналогової обробки сигналів різного призначення;
- **бути ознайомленими** з особливостями схемотехнічних рішень, вибором елементної бази та конструкторською реалізацією аналогових пристроїв у різних діапазонах частот.

Зв'язок з іншими дисциплінами

Вивчення дисципліни "Основи схемотехніки"(третій модуль) базується на фізико-математичній підготовці студентів, яку вони одержують під час вивчення дисципліни "Вища математика" та "Фізика"; на знанні методів аналізу аналогових, пристроїв, які розглядаються під час вивчення попередніх модулів дисципліни "Основи схемотехніки", на знанні основ інформатики, прикладного програмування, з якими студенти знайомляться під час опанування дисциплін. "Інформаційні технології", "Прикладне програмування".

Матеріали, що вивчаються у дисципліні "Основи схемотехніки", використовуються студентами при вивченні дисциплін "Пристрої генерації та формування радіосигналів", "Пристрої прийому та обробки сигналів", "Електроживлення систем зв'язку", "Радіоавтоматика", "Теорія радіотехнічних систем", "Основи телебачення", "Радіовимірвальні пристрої та системи".

Схемотехніка, яка розглядається, повинна бути, в першу чергу, зорієнтована на використання цифрових інтегральних мікросхем для реалізації функціональних вузлів різноманітного призначення.

3 Програма навчальної дисципліни

Модуль 1

Змістовий модуль 1. Цифрова схемотехніка

Тема 1. Арифметичні основи

Місце цифрової електроніки у сучасній техніці. Системи числення: з основою 2, 8, 10, 16. Переклад чисел з однієї обчислення системи в іншу. Арифметичні дії в двійковій, вісімковій та шістнадцятковій системах числення.

- лекцій – 2 години;
- самостійна робота – 4 години.

Література: [1].

Тема 2. Логічні основи

Булеві функції. Властивості булевих функцій. Функціональна повнота. Форми подання булевих функцій. Мінімізація булевих функцій.

- лекцій – 2 години;
- лабораторна робота – 2 години;
- самостійна робота – 4 години.

Література: [1].

Тема 3. Базиси логічних елементів

Реалізація булевих функцій. Поняття базису логічних елементів. Реалізація логічних елементів в основних базисах. Умовні графічні позначення логічних елементів.

- лекцій – 2 години;
- самостійна робота – 4 години.

Література: [1].

Тема 4. Характеристики логічних елементів

Цифрові інтегральні мікросхеми. Серії цифрових інтегральних мікросхем. Робочі і граничні параметри цифрових інтегральних мікросхем. Характеристики. Використання логічних елементів як аналогових вузлів. Електричні схеми цифрових вузлів. Поняття про конструкціях цифрових вузлів.

- лекцій – 2 години;
- самостійна робота – 4 години.

Література: [1].

Тема 5. Комбінаційні вузли

Визначення цифрового Вузла. Типи вузлів. Структура комбінаційного вузла. Принципи роботи, умовні графічні позначення типових комбінаційних вузлів. Синтез цифрового вузла по його формулі і таблиці істинності. Агрегатування цифрових інтегральних мікросхем для збільшення розмірності типових вузлів. Моделі комбінаційних вузлів у пакеті Multisim.

- лекцій – 2 години;
- лабораторна робота – 2 години;

– самостійна робота – 4 години.

Література: [1].

Тема 6. Вузли с пам'яттю. Тригери

Структура та рівняння вузла з пам'яттю. Скінченний автомат як модель вузла з пам'яттю. Класифікація тригерів. Інтегральні мікросхеми тригерів. Принцип дії асинхронного RS тригера на логічних елементах І-НІ. Синхронні D та JK тригера.

– лекцій – 2 години;

– лабораторна робота – 2 години;

– самостійна робота – 4 години.

Література: [1].

Тема 7. Лічильники. Регістри

Класифікація та характеристики лічильників. Принцип дії лічильника на D тригерах. Інтегральні мікросхеми лічильників. Реверсивні лічильники. Лічильники з заданим коефіцієнтом перерахунку. Агрегація лічильників. Класифікація регістрів. Регістри зсуву та зберігання. Кільцеві регістри. Інтегральні мікросхеми регістрів.

– лекцій – 2 години;

– лабораторна робота – 2 години;

– самостійна робота – 4 години.

Література: [1].

Тема 8. Формувачі. Генератори імпульсів

Чекаючи та автоколивальні мультівібратори на операційних підсилювачах та цифрових інтегральних мікросхемах. Принцип дії таймера 555.

– лекцій – 2 години;

– лабораторна робота – 2 години;

– самостійна робота – 4 години.

Література: [1].

Тема 9. ЦАП та АЦП

Поняття дискретизації за часом та квантування за рівнем. Теорема Котельникова-Найквіста. Принцип дії ЦАП на базі інвертуючого суматора. Принцип дії ЦАП на базі матриці R-2R. Характеристики інтегральних ЦАП. Структурна схема АЦП. Схема підключення АЦП до цифрового вузла. Характеристики інтегральних АЦП.

– лекцій – 2 години;

– лабораторна робота – 2 години;

– самостійна робота – 4 години.

Література: [1]

Тема 10. Вузли пам'яті

Типи напівпровідникової пам'яті. Основні параметри пам'яті. Інтегральні

мікросхеми пам'яті. Агрегація мікросхем пам'яті. Адресний простір пам'яті.

- лекцій – 2 години;
- самостійна робота – 4 години.

Література: [1].

Тема 11. Вузли управління

Узагальнена схема автомата. Формалізація завдання автомата Регістр станів автомата Комбінаційна схема автомата.

- лекцій – 2 години;
- лабораторна робота – 3 години;
- самостійна робота – 4 години.

Література: [1].

Тема 12. Мови опису цифрових вузлів

Основні елементи та базові поняття мови HDL. Способи HDL опису простих комбінаційних вузлів та вузлів з пам'яттю.

- лекцій – 2 години;
- самостійна робота – 4 години.

Література: [1].

Тема 13. Проектування комбінаційних вузлів

Поняття про програмовані логічні інтегральні схеми. Основні різновиди, структура та параметри. Етапи проектування. Засоби проектування.

- лекцій – 2 години;
- самостійна робота – 4 години.

Література: [1].

Тема 14. Проектування функціональних тестів

Основні види несправностей цифрових вузлів. Методи побудови контролюючих тестів. Методи функціонального контролю цифрових вузлів. Принципи JTAG тестування.

- лекцій – 2 години;
- самостійна робота – 4 години.

Література: [1].

Тема 15. Проектування поведінки цифрових вузлів

Приклад проектування арифметико-логічного пристрою.

- лекцій – 2 години;
- самостійна робота – 4 години.

Література: [1].

4 Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		лк	пр	лб	інд	с.р		лк	пр	лб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Модуль 1												
Змістовий модуль 1. Цифрова схемотехніка												
Тема 1. Арифметичні основи	6	2				4	6	0,5				5,5
Тема 2. Логічні основи	8	2		2		4	8	0,5		0,5		7
Тема 3. Базиси логічних елементів	6	2				4	6	0,5				5,5
Тема 4. Характеристики логічних елементів	6	2				4	6	0,5				5,5
Тема 5. Комбінаційні вузли	8	2		2		4	8	0,5		0,5		7
Тема 6. Вузли с пам'яттю. Тригери	8	2		2		4	8	0,5		0,5		7
Тема 7. Лічильники. Регістри	8	2		2		4	8	0,5		0,5		7
Тема 8. Формувачі. Генератори імпульсів	8	2		2		4	8	0,5		0,5		7
Тема 9. ЦАП та АЦП.	8	2		2		4	8	0,5		0,5		7
Тема 10. Вузли пам'яті	6	2				4	6	0,5				5,5
Тема 11. Вузли управління	9	2		3		4	9	0,5		1		7,5
Тема 12. Мови опису цифрових вузлів	6	2				4	6	0,5				5,5
Тема 13. Проектування комбінаційних вузлів	6	2				4	6					6
Тема 14. Проектування функціональних тестів	6	2				4	6					6
Тема 15. Проектування поведінки цифрових вузлів	6	2				4	6					6
Усього годин	105	30		15		60	105	6		4		105

5 Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Дослідження логічних елементів	2
2	Дослідження комбінаційних вузлів	2
3	Дослідження тригерів	2
4	Дослідження лічильників	2
5	генераторів імпульсів	2
6	Дослідження ЦАП та АЦП	2
7	Дослідження вузлів керування	3
	Разом	15

6 Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Підготовка до лабораторних та лекційних занять	30
2	Підготовка до поточного контролю та іспиту	30
	Разом	60

7 Методи навчання

Поєднання (різною мірою) пасивного, активного і інтерактивного методів на лекційних і лабораторних заняттях, на консультаціях по курсовому проектуванню, використання системи дистанційного навчання MOODLE..

8 Методи контролю

Поточний, рубіжний, семестровий контроль (з урахуванням відвідування, виконання і захисту лабораторних робіт, виконання графіку курсового проектування, тестування при складанні модулів та заліку).

9 Розподіл балів, які отримують студенти

Приклад для іспиту

Поточне тестування та самостійна робота												Сума	
Модуль №3	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	100
	6	6	6	6-	6	7	7	7	7	7	7	7	
Модуль №3	T13	T14	T15										
	7	7	7										

T1, T2 ... T15— теми змістовного модуля.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
85-89	B	добре	
75-84	C		
70-74	D	задовільно	
60-69	E		
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
1-34	F	незадовільно з обов’язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов’язковим повторним вивченням дисципліни

11 Рекомендована література

Обов'язкова література

1. Борисенко О.А. Цифрова схемотехніка [Текст]: підручник / О.А. Борисенко Суми: СумДУ – 2016. – 200 с.

2. Бойко В.І. Схемотехніка електронних систем: У 3 кн. Кн. 2. Цифрова схемотехніка: Підручник 2-ге вид., допов. і переробл./ В.І. Бойко, А.М. Гуржій, В.Я. Жуйков, та ін. К.: Вища шк. – 2004 – 423 с.

Додаткова література

3. Клочков Г.Л. Цифровые устройства и микропроцессоры: Учебник. / Клочков Г.Л. Воронеж: ВИРЭ. – 2005 – 320 с.

12 Інформаційні ресурси

7. www.moodle.zp.edu.ua.
8. www.zntu.edu.ua
9. www.rtt.zntu.edu.ua

ПЕРЕЛІК

контрольних питань на перший модульний контроль

1. Місце цифрової електроніки у сучасній техніці.

2. Системи числення: з основою 2, 8, 10, 16.
3. Переклад чисел з однієї обчислення системи в іншу.
4. Булеві функції.
5. Властивості булевих функцій.
6. Функціональна повнота.
7. Форми подання булевих функцій.
8. Мінімізація булевих функцій.
9. Реалізація булевих функцій.
10. Поняття базису логічних елементів.
11. Реалізація логічних елементів в основних базисах.
12. Умовні графічні позначення логічних елементів.
13. Цифрові інтегральні мікросхеми.
14. Серії цифрових інтегральних мікросхем.
15. Робочі і граничні параметри цифрових інтегральних мікросхем.
16. Характеристики цифрових інтегральних мікросхем
17. Використання логічних елементів як аналогових вузлів.
18. Електричні схеми цифрових вузлів.
19. Поняття про конструкціях цифрових вузлів.
20. Визначення цифрового вузла.
21. Типи вузлів. Структура комбінаційного вузла.
22. Принципи роботи, умовні графічні позначення типових комбінаційних вузлів.
23. Синтез цифрового вузла по його формулі і таблиці істинності.
24. Агрегування цифрових інтегральних мікросхем для збільшення розмірності типових вузлів.
25. . Моделі комбінаційних вузлів у пакеті Multisim.
26. Структура та рівняння вузла з пам'яттю.
27. Скінченний автомат як модель вузла з пам'яттю.
28. Класифікація тригерів. Інтегральні мікросхеми тригерів.
29. Принцип дії асинхронного RS тригера на логічних елементах І-НІ.
30. Синхронні D та JK тригера.
31. Класифікація та характеристики лічильників. Принцип дії лічильника на D тригерах.
32. Інтегральні мікросхеми лічильників.
33. Реверсивні лічильники. Лічильники з заданим коефіцієнтом перерахунку.
34. Агрегація лічильників.
35. Класифікація регістрів. Регістри зсуву та зберігання.
36. Кільцеві регістри. Інтегральні мікросхеми регістрів.

ПЕРЕЛІК

контрольних питань на другий модульний контроль

37. Чекаючи та автоколивальні мултивібратори на операційних підсилювачах.

38. Чекаючи та автоколивальні мультивібратори на цифрових інтегральних мікросхемах
39. Принцип дії таймера 555.
40. Поняття дискретизації за часом та квантування за рівнем. Теорема Котельникова-Найквіста.
41. Принцип дії ЦАП на базі інвертуючого суматора.
42. Принцип дії ЦАП на базі матриці R-2R.
43. Характеристики інтегральних ЦАП. Структурна схема АЦП.
44. Схема підключення АЦП до цифрового вузла. Характеристики інтегральних АЦП.
45. Типи напівпровідникової пам'яті. Основні параметри пам'яті.
46. Інтегральні мікросхеми пам'яті.
47. Агрегація мікросхем пам'яті. Адресний простір пам'яті.
48. Узагальнена схема автомата.
49. Формалізація завдання автомата.
50. Регістр станів автомата Комбінаційна схема автомата.
51. Основні елементи та базові поняття мови HDL.
52. Способи HDL опису простих комбінаційних вузлів
53. Способи HDL опису простих вузлів з пам'яттю
54. Поняття про програмовані логічні інтегральні схеми.
55. Основні різновиди, структура та параметри ПЛІС.
56. Етапи проектування та засоби проектування.
57. Основні види несправностей цифрових вузлів.
58. Методи побудови контролюючих тестів.
59. Методи функціонального контролю цифрових вузлів.
60. Принципи JTAG тестування.
61. Приклад проектування арифметико-логічного пристрою.