

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

ПІВ 07 Функціональні пристрої телекомунікаційних систем
(код і назва навчальної дисципліни)

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

освітня програма (спеціалізація) Інформаційні мережі зв'язку
(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 **«Функціональні пристрої телекомунікаційних систем»** для студентів

спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка»,

освітня програма (спеціалізація) «Інформаційні мережі зв'язку»
(назва освітньої програми (спеціалізації))

« », 20 року – с.

Розробники: **Кабак Владислав Семенович**, 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

1 Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітній ступінь	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 4	Галузь знань 17 Електроніка та телекомунікації	вибіркова	
Модулів – 2	Спеціальність, освітня програма 172 Телекомунікації та радіотехніка ОП «Інформаційні мережі зв'язку»	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 6		3-й	3-й
Індивідуальне науково-дослідне завдання _____ <small>(назва)</small>		Семестр	
Загальна кількість годин – 120		6-й	6-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	
		15 год.	4 год.
		Самостійна робота	
		75 год.	110 год.
Індивідуальні завдання:			
Вид контролю: іспит			

Примітка:

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

для денної форми навчання – 45/75;

для заочної форми навчання – 10/110.

2 Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета. Метою вивчення дисципліни "Функціональні пристрої телекомунікаційних систем" є формування у студентів знань, навиків та умінь, які дозволять їм здійснювати аналіз і проектування пристроїв обробки сигналів у телекомунікаційних системах та використовувати їх для створення більш складних радіоелектронних засобів.

Дисципліна "Функціональні пристрої телекомунікаційних систем" є логічним продовженням курсів "Теорія електричних кіл і сигналів", "Основи схемотехніки", "Технічна електродинаміка" і розташована у навчальному плані спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка" на стику дисциплін, які забезпечують базову теоретичну та інженерну підготовку радіоінженерів.

У процесі опанування дисципліни "Функціональні пристрої телекомунікаційних систем" студенти, на підставі отриманих знань з фундаментальних понять теорії електричних кіл та сигналів, технічної електродинаміки, поширення радіохвиль, антен, напрямних систем, особливостей аналогової і цифрової схемотехніки, знайомляться з алгоритмами обробки сигналів і принципами побудови функціональних вузлів, що реалізуються на базі інтегральних мікросхем (модулятори, демодулятори, кодери, декодери) та іншими питаннями інженерної схемотехніки передавальних та приймальних пристроїв, які використовуються у сучасних засобах телекомунікацій.

Завдання. Задачею дисципліни "Функціональні пристрої телекомунікаційних систем" є ознайомлення студентів з принципом дії пристроїв обробки і перетворення сигналів та функціональних вузлів, які виступають необхідною складовою частиною сучасних цифрових засобів зв'язку, зокрема, модуляторів і демодуляторів, кодерів та декодерів, а також з основними варіантами реалізації функціональних схем радіопередавального і приймального трактів, телекомунікаційних мереж, у тому числі засобів мобільного стільникового зв'язку, навчання студентів сучасним методам аналізу і схемотехнічного проектування цих пристроїв із застосуванням електронно-обчислювальної техніки.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен отримати:

загальні компетентності:

- 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 компетентності:

- здатність розуміти сутність і значення інформації в розвитку сучасного інформаційного суспільства (ПК-1);
- 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 використовувати нормативну та правову документацію, що стосується інформаційно-телекомунікаційних мереж, телекомунікаційних та радіотехнічних систем (закони України, технічні регламенти, міжнародні та національні стандарти, рекомендації Міжнародного союзу електрозв'язкуі т.п.) для вирішення професійних завдань (ПК-5);
- здатність проводити інструментальні вимірювання в інформаційно-телекомунікаційних мережах, телекомунікаційних та радіотехнічних системах (ПК-6);
- готовність сприяти впровадженню перспективних технологій і стандартів (ПК-8);
- готовність до вивчення науково-технічної інформації, вітчизняного і закордонного досвіду з тематики інвестиційного (або іншого) проекту засобів телекомунікацій та радіотехніки (ПК-14);
- 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:

- застосовувати результати особистого пошуку та аналізу інформації для розв'язання якісних і кількісних задач подібного характеру в інформаційно-комунікаційних мережах, телекомунікаційних і радіотехнічних системах (РН-2);
- пояснювати результати, отримані в результаті проведення вимірювань, в термінах їх значущості та пов'язувати їх з відповідною теорією (РН-4);
- навички оцінювання, інтерпретації та синтезу інформації і даних (РН-5);
- адаптуватись в умовах зміни технологій інформаційно-комунікаційних мереж, телекомунікаційних та радіотехнічних систем (РН-6);
- грамотно застосовувати термінологію галузі телекомунікацій та радіотехніки (РН-7);
- описувати принципи та процедури, що використовуються в

телекомунікаційних системах, інформаційно-телекомунікаційних мережах та радіотехніці (PH-8);

– спілкуватись з професійних питань, включаючи усну та письмову комунікацію державною мовою та однією з поширених європейських мов (англійською, німецькою, італійською, французькою, іспанською) (PH-10);

– застосування розуміння засобів автоматизації проектування і технічної експлуатації систем телекомунікацій та радіотехніки у професійній діяльності (PH-15);

– орієнтуватися у характеристиках та особливостях методів модуляції та кодування сигналів в телекомунікаційних системах та мережах зв'язку та вміти застосовувати відповідні пристрої, що їх використовують, для забезпечення сумісності та заданої якості обміну інформацією;

– **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, телекомунікаційних мереж, радіотехнічних систем та систем телевізійного й радіомовлення та їх елементів;

– **вміти** аналізувати та проектувати інформаційні мережі з урахуванням аналізу специфіки діяльності підприємства, використовуючи методологічні принципи оптимального планування і програмні продукти професійного проектування.

В результаті вивчення дисципліни студенти повинні:

- **знати** основні види множинного доступу до каналу зв'язку;
- **знати** технічні аспекти реалізації методів мультиплексування FDM, NDM, CDM, SDM, OFDM;
- **знати** види завмирань, які виникають через багатопроменеве розповсюдження радіохвиль;
- **знати** методи боротьби із завмираннями у каналі зв'язку;
- **знати** функціональну реалізацію каналів зв'язку з використанням цифрових видів модуляції;
- **знати** умови передачі сигналів без міжсимвольної інтерференції;
- **знати** функціональні схеми модемів сигналів BPSK, QPSK, OQPSK, MSK, GMSK, QAM, OFDM;
- **вміти** визначати спектральну ефективність методу модуляції що використовується;
- **знати** принципи дії, види і функціональні схеми мовних кодерів і декодерів;
- **знати** принципи дії, алгоритми і види канального кодування;
- **знати** принципи побудови приймально-передавального тракту сучасних телекомунікаційних мереж;
- **бути ознайомленими** з особливостями схемотехнічних рішень, вибором елементної бази та конструкторською реалізацією функціональних пристроїв мобільного зв'язку.

Зв'язок з іншими дисциплінами

Вивчення дисципліни "Функціональні пристрої в телекомунікаційних системах" базується на фізико-математичній підготовці студентів, яку вони одержують під час вивчення дисциплін фундаментального циклу "Вища математика" та "Фізика"; на знанні методів аналізу електричних кіл, з якими студенти знайомляться у процесі опанування дисципліни "Теорія електричних кіл та сигналів", на знанні особливостей поширення радіохвиль і видів антен, які розглядаються в дисципліні "Технічна електродинаміка, поширення радіохвиль, антени", на знанні базових понять сучасної статистичної теорії електричного зв'язку, зокрема, імовірнісних характеристик і параметрів типових повідомлень, сигналів та завад, сигналів аналогових, цифрових та імпульсних видів модуляції, що вивчаються у фундаментальній теоретичній дисципліні "Теорія електричного зв'язку", а також на класичних аспектах аналогової і цифрової схемотехніки, що є предметом дисципліни "Основи схемотехніки".

Матеріали, що вивчаються у дисципліні "Функціональні пристрої в телекомунікаційних системах", використовуються студентами при студіюванні дисциплін "Системи передачі даних", "Цифрова обробка сигналів", "Системи мобільного зв'язку", "Телекомунікаційні системи передачі", "Теорія радіотехнічних систем", "Захист інформації в телекомунікаційних системах та мережах".

При проведенні занять необхідно забезпечити глибоке засвоєння студентами алгоритмів реалізації функціональних пристроїв телекомунікаційних систем, творчий підхід до матеріалу, що вивчається.

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

3 Програма навчальної дисципліни

МОДУЛЬ 1

Змістовий модуль 1. Методи множинного доступу у телекомунікаційних мережах.

Тема 1. Покоління мобільного зв'язку.

Особливості стандартів 1G, 2G, 3G мобільного зв'язку. Перехід до систем мобільного зв'язку четвертого покоління, які характеризуються глобалізацією зв'язку, інтеграцією із супутниковим зв'язком і інформаційними мережами, з передаванням мультимедіа. Тенденція до злиття телекомунікаційних і інформаційних інфраструктур. Особливості стандартів 1G, 2G, 3G.

Функціональні пристрої, як складові телекомунікаційної системи відповідних стандартів. Високий ступень функціональної і схемотехнічної інтеграції. Схемотехнічні аспекти побудови засобів мобільного зв'язку на базі мікросхемотехнічних рішень з позиції закінчених функціональних пристроїв радіоелектроніки, використання спеціалізованих інтегральних мікросхем

Роль машинних методів розрахунку електронних схем під час розробки засобів телекомунікацій. Методичні вказівки до вивчення курсу:

– лекцій – 0,5 годин.

Література: [3] с. 6-8, [2] с. 3-5.

Тема 2. Методи множинного доступу.

Види множинного доступу. Реалізація множинного доступу в аналогових системах. Види множинного доступу, які використовувалися у цифрових системах зв'язку 2G, 3G, 4G. Множинний доступ з просторовим розділенням. Множинний доступ з частотним розділенням каналів (FDMA). Множинний доступ з часовим розділенням каналів (TDMA). Множинний доступ з кодовим розділенням каналів (CDMA). Мультиплексування з використанням

ортогональних під несучих (OFDM):

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

Література: [1] с. 9-50 [2] с. 67-88, [3] с. 57-59, [4] с.68-80.

Тема 3. Види каналів зв'язку.

Затухання сигналу у вільному просторі. Гаусівський канал зв'язку (AWGN). Великомасштабні і дрібномасштабні завмирання. Канал зв'язку з релієвськими завмираннями. Частотно-селективні і амплітудні завмирання. Швидкі і повільні завмирання. Час когерентності, смуга когерентності. Оцінка якості передачі у цифрових каналах зв'язку. Методи боротьби із завмираннями у каналах зв'язку:

- лекцій – 1 година;
- лабораторна робота – 2 години;
- самостійна робота – 4 години.

Література: [1] с. 9-50, [2] с. 67-88, [3] с. 57-59, [4] с.68-80.

Змістовий модуль 2. Різновиди цифрової модуляції

Тема 4. Різновиди цифрової фазової модуляції

Аналогові і цифрові види модуляції. Класифікація видів модуляції. Різновиди цифрової фазової модуляції. Двійкова фазова маніпуляція (BPSK). Поняття комплексної обвідної та сигнального сузір'я. Структурна схема каналу зв'язку з використанням методу BPSK. Математичне обґрунтування схеми когерентної демодуляції сигналів BPSK. Системи поновлення несучої і тактової частот. Відносна двійкова фазова маніпуляція. Методи DBPSK, DEBPSK. Алгоритм роботи сигнального кодера. Структурна схема каналу зв'язку з використанням DEBPSK:

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

Література: [1] с. 9-50, [2] с. 67-88, [3] с. 57-59, [4] с.68-80.

Тема 5. Передача сигналів через канал з обмеженою смугою частот.

Теорема Найквіста про прийом сигналів без міжсимвольної інтерференції. Частота Найквіста. Імпульсна характеристика каналу, який задовольняє умові передачі без міжсимвольних спотворень. Окодіаграма. Визначення рівня міжсимвольної інтерференції і джитера за окодіаграмою. Теорема Найквіста про часткову симетрію. Фільтр типу "піднесений косинус" як необхідна складова реалізації схем модуляторів і демодуляторів з використанням методу BPSK.

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

Література: [1] с. 9-50, [2] с. 67-88, [3] с. 57-59, [4] с.68-80.

Тема 6. Різновиди багатопозиційної цифрової фазової модуляції.

Квадратурна фазова маніпуляція (QPSK). Комплексний I,Q модулятор з математичної точки зору. Функціональна схема модулятора для КФМ-4. Діаграма фазових переходів. Квадратурна фазова маніпуляція зі зсувом (OQPSK) Функціональна схема модулятора для офсетної модуляції.. Діаграма фазових переходів. Диференціальна квадратурна фазова маніпуляція зі зсувом $p/4$ ($p/4$ DQPSK). Функціональна схема модулятора для DQPSK. Діаграма фазових переходів. Порівняльна характеристика різновидів цифрової фазової модуляції:

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

Література: [1] с. 50-77, [2] с. 55-61, [4] с. 118-120.

Тема 7. Цифрова частотна модуляція. Двійкова частотна маніпуляція (FSK). Частотна маніпуляція з мінімальним зсувом (MSK).

Особливості аналогових і цифрових методів частотної модуляції. Модулятори з розривною і неперервною фазою фази коливань. Узагальнений метод формування частотно-маніпульованого сигналу. Функціональні схеми модулятора і демодулятора на підставі ФАПЧ для двійкової частотної модуляції (FSK). Визначення частоти маніпуляції та індексу частотної модуляції. MSK сигнал як клас сигналів з частотною маніпуляцією і неперервною фазою. Математичний вираз для сигналу MSK на підставі загального виразу для сигналів з частотною маніпуляцією. Визначення мінімального зсуву між круговими частотами для методу MSK. Визначення набігу поточної фази на інтервалі одного біту і миттєвих значень частоти, що випромінюється. Алгоритм формування MSK сигналу. Функціональна схема модулятора для методу MSK. Фазова траєкторія та сигнальне сузір'я.

- лекцій – 1 година;
- лабораторні роботи – 2 години;
- самостійна робота – 4 годин.

Література: [1] с. 50-77, [2] с. 55-61, [4] с. 118-120.

Тема 8. Гауссівська частотна маніпуляція з мінімальним зсувом (GMSK). Квадратурна амплітудна модуляція (QAM).

Модулятор сигналів GMSK зі значенням коефіцієнту модуляції $m = 0.5$ на підставі генератора, що керується напругою. Амплітудно-частотна характеристика й імпульсний відклик гауссівського фільтра нижніх частот (ГФНЧ). Визначення сигналу на виході ГФНЧ. Реакція ГФНЧ для різних значень здобутку ВТ. Реалізація методу GMSK за допомогою квадратурної схеми із використанням низькочастотного процесору. Функціональна схема модулятора для методу GMSK. Вибір ширини смуги пропускання ГФНЧ за рівнем -3 дБ для стандартів GSM і DECT. Фазова траєкторія та сигнальне сузір'я для методу GMSK. Представлення каналного символу для методу QAM. Різновиди фазового сузір'я для методу M-QAM. Переваги і недоліки QAM. Порівняльна характеристика QAM з іншими видами цифрової модуляції:

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

Література: [1] с. 50-77, [2] с. 55-61, [4] с. 118-120.

Тема 9. Енергетичні спектри сигналів з цифровою модуляцією.

Математичний опис модулюючого сигналу і радіочастотного сигналу із цифровою фазовою модуляцією. Спектр сигналів із двійковою фазовою маніпуляцією. Визначення спектральної щільності для додатних значень частоти. Поняття енергетичного спектру. Неперервна і дискретна складові енергетичного спектру. Аналітичний вираз для неперервної складової за умови рівноймовірності інформаційних бітів. Енергетичний спектр сигналів із квадратурною фазовою модуляцією. Енергетичний спектр сигналів із квадратурною фазовою модуляцією зі зсувом. Порівняльні спектральні характеристики різновидів цифрової фазової модуляції. Спектри сигналів із мінімальною маніпуляцією (MSK) і гауссівською маніпуляцією з мінімальним зсувом (GMSK). Експериментальні графіки енергетичних спектрів GMSK сигналу:

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

Література: [1] с. 113-127.

Тема 10. Мультиплексування з використанням ортогональних піднесучих.

Концепція паралельної передачі даних. Характеристики каналу зв'язку за наявності федингу і передачі сигналу на одній несучій частоті. Вплив каналу з федингом на характеристики каналу у випадку паралельної передачі даних. Мультичастотна система передачі даних. Умова ортогональності частот. Архітектура передавального тракту системи з мультичастотною передачею даних. Перекриття спектрів паралельних каналів для методу OFDM. Захисний інтервал як метод боротьби з між символною інтерференцією. Поновлення форми представлення сигналу за допомогою послідовного застосування зворотного і прямого перетворення Фур'є. Архітектура приймального тракту.

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

Література: [1] с. 113-127.

МОДУЛЬ 2

Змістовий модуль 3. Архітектура приймально-передавального тракту

Тема 11. Архітектура передавального тракту з прямою квадратурною модуляцією.

Реалізація радіочастотної частини квадратурного модулятора із використанням мікросхем прямих векторних модуляторів. Основні параметри

радіочастотних модуляторів. Модулятор як балансний перемножувач (перемножувач Джилберта). Формування квадратурних складових.

Пряма квадратурна модуляція зі зсувом частоти. Функціональна схеми передавача з прямою квадратурною модуляцією. Переваги і недоліки методу прямої квадратурної модуляції.

Основні ефекти які погіршують якість сигналу у тракту із прямою модуляцією: затування частоти генератора, що керується напругою (ГКН), зміщення частоти; затування ГКН по входу, вплив зміни навантаження передавача на якість радіосигналу, паразитне проникнення сигналу несучого коливання від ГКН синтезатору на вихід передавача:

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

Література: [1] с. 99-102.

Тема 12. Непрямі методи модуляції.

Архітектура передавального тракту із подвійним перетворенням. Принцип роботи системи фазового автопідстроювання (ФАП). Базова схема ФАП зі зсувом. Архітектура передавального тракту із використанням петлі трансляції. Переваги архітектури із використанням петлі трансляції у передавальному тракту. Архітектура передавального тракту на підставі ФАП із використанням модуляції опорного сигналу. Архітектура тракту з I, Q модулятором усередині петлі трансляції:

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

Література: [1] с. 105-113.

Тема 13. Особливості передавального тракту.

Шаблон обвідної радіосигналу, що випромінюється. Вимоги до вихідних каскадів передавачів. Реалізація регулювання потужністю радіосигналу, що випромінюється. Необхідний крок регулювання:

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

Література: [1] с. 178-185, 224-227.

Тема 14 Архітектури приймального тракту.

Основні параметри приймачів. Супергетеродинний та гомодинний приймачі. Реалізація антенного блоку. Типова функціональна схема супергетеродинного приймача мобільного телефону із дворазовим перетворенням частоти. Приймачі прямого перетворення. Синтезатори частоти на підставі ФАП. Функціональна схема синтезатора частоти непрямого синтезу. Основні параметри синтезаторів частоти:

- лекцій – 1 година;
- лабораторні роботи – 2 години;

– самостійна робота – 3 години.

Література: [1] с. 174-179, 183-185, 222-225.

Змістовий модуль 4. Мовне кодування

Тема 15. Мовні кодери.

Основні етапи цифрової обробки сигналів у мобільних телефонах. Мовне кодування. Надмірність реального мовного сигналу. Категорії мовних кодерів: кодери форми, вокодери, гібридні кодери. Кодери із лінійним передбаченням. Структурна схема процесів обробки мовного сигналу у RPE-LTP кодери стандарту GSM. Функціональна схема RPE-LTP кодера. Функціональна схема декодера. Узагальнена структурна схема VCELP вокодера. Функціональна схема VCELP вокодера:

– лекцій – 3 години;

– самостійна робота – 2 годин.

Література: [1] с. 128-146, [2] с. 152-163, [3] с. 84-93, [4] 83-103.

Змістовий модуль 5. Канальне кодування

Тема 16. Категорії канального кодування.

Категорії канального кодування. Блок канального кодування для стандарту GSM. Блокове кодування. Структурна схема циклічного кодера (n,k). Структурна схема циклічного кодера для стандарту GSM. Структура мовного кадру після циклічного кодування. Принцип перемішування інформаційних бітів з метою рознесення у часі. Згорткове кодування. Функціональна схема і принцип роботи згорткового кодеру. Структура канального кодування мовного кадру для стандарту GSM:

– лекцій – 3 години;

– самостійна робота – 5 годин.

Література: [1] с. 146-151, [2] с. 115-132, [3] с. 93-101, [4] 104-117.

Тема 17 Перемішування.

Перемішування інформаційних символів як метод рознесення прийому. Перетворення групових (пакетних) помилок на одиночні. Схема діагонального перемішування. Схема блокового перемішування:

– лекцій – 1 година;

– самостійна робота – 3 години.

Література: [1] с. 151-153, [2] с. 132-134, [4] с. 111-113.

Змістовий модуль 6. Функціональні схеми мобільних телефонів.

Тема 18 Узагальнена функціональна схема мобільного телефону.

Узагальнена функціональна схема мобільного телефону стільникового зв'язку. Основні функціональні вузли мобільного телефону. Радіочастотний модуль. Приймальний і передавальний тракти, модулятор, синтезатор сітки частот. Тракт групового сигналу. Системний і сигнальний процесори. Види пам'яті мобільного телефону. Взаємодія між радіочастотним трактом і трактом групового сигналу. Особливості реалізації дводіапазонних мобільних телефонів:

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

Література: [1] с. 171-231, [3] с. 23-25, [4] с. 24-27.

Тема 19 Тракт групового сигналу

Системний модуль. Основні функціональні вузли системного модуля.

Особливості архітектури мікроконтролерів системного блоку. Використання цифрових сигнальних процесорів (DSP) у системному модулі. Задачі, які покладаються на DSP. Організація логічного блока і функції, які на нього покладаються. Організація оперативної і системної пам'яті мобільного телефону. Зовнішня пам'ять. Організація взаємодії між трактами радіочастотного, групового і аудіосигналів, обмін інформацією з користувачем, інтерфейсні сигнали:

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

Література: [1] с. 185-231.

Тема 20. Практичні функціональні схеми приймально-передавального тракту мобільних телефонів.

Функціональна схема радіочастотного тракту на підставі мікросхеми трансиверу HD155121. Функціональна схема мікросхеми приймача PMB 2405. Функціональна схема мікросхеми передавача PMB 2240 для стандарту GSM. Функціональна схема мобільного телефону стандарту GSM на підставі мікросхем фірми "Philips". Функціональна схема радіочастотного тракту на підставі трансиверів SA1620, SA1638:

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

Література: [1] с. 213-231.

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. Методи множинного доступу у телекомунікаційних мережах												
Тема 1. Покоління мобільного зв'язку	0,5	0,5					2					2
Тема 2. Види множинного доступу	7,5	2,5				5	3					3
Тема 3. Види каналів зв'язку	7	1		2		4	4					4
Змістовий модуль 2. Різновиди цифрової модуляції												
Тема 4. Різновиди цифрової бінарної фазової модуляції	9	2		3		4	7	1				6
Тема 5. Передача сигналів через канал з обмеженою смугою частот	6	2				4	19	1		2		16
Тема 6. Різновиди багатопозиційної цифрової фазової модуляції	11	2		3		6	13	1				12
Тема 7. Цифрова частотна модуляція. Двійкова частотна маніпуляція (FSK). Частотна маніпуляція з мінімальним зсувом (MSK)	7	1		2		4	6					6
Тема 8. Гауссівська частотна маніпуляція з мінімальним зсувом (GMSK). Квадратурна амплітудна модуляція (QAM)	5	1				4	6					6
Тема 9. Енергетичні спектри сигналів з цифровою модуляцією	5	1				4	6					6
Тема 10. Мультиплексування з використанням ортогональних піднесучих	5	1				4	6					6
Разом за модулем 1	63	14		10		39	60	3		2		55
Модуль 2												
Змістовий модуль 3. Архітектура приймально-передавального тракту												
Тема 11. Архітектура передавального тракту з прямою	4	1				4						8

квадратурною модуляцією												
Тема 12. Непрямі методи модуляції. Архітектура передавального тракту з непрямыми методами модуляції	10	2	4	2	1	6	8	1		1	2	10
Тема 13. Особливості передавального тракту	4	1				3						
Тема 14. Архітектури приймального тракту	6	1		2		3						
Змістовий модуль 4. Мовне кодування												
Тема 15. Мовні кодери	9	3				6	8					3
Змістовий модуль 5. Канальне кодування												
Тема 16. Категорії канального кодування	8	3				5						4
Тема 17. Перемішування бітів, пакетів	4	1				3						4
Змістовий модуль 6. Функціональні схеми мобільних телефонів												
Тема 18. Узагальнена функціональна схема мобільного телефону	3,5	0,5				3						4
Тема 19. Тракт групового сигналу	2,5	0,5				2						4
Тема 20. Практичні функціональні схеми приймально-передавального тракту мобільних телефонів	5	1				4						4
Разом за модулем 2	57	14		4		39		3		2		55
Усього годин	120	28		14		78	120	6		4		110

5 Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Моделювання каналу зв'язку з використанням бінарної фазової маніпуляції (BPSK, DEBPSK)	4
2	Моделювання каналу зв'язку з використанням методів QPSK, OQPSK, $\pi/4$ DQPSK	4

3	Математичне моделювання модуляторів з двійковою частотною маніпуляцією і неперервною фазою на базі ГКН	1
4	Математичне моделювання модуляторів з частотною маніпуляцією з мінімальним зсувом на базі квадратурних схем	1
5	Дослідження основних характеристик синтезатора частоти непрямого синтезу	2
6	Дослідження супергетеродинного приймача	2
	Разом	14

6 Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Підготовка до лабораторних та лекційних занять	39
2	Підготовка до поточного контролю та іспиту	39
	Разом	78

7 Індивідуальні завдання

Не передбачені.

8 Методи навчання

Поєднання (різною мірою) пасивного, активного і інтерактивного методів на лекційних і лабораторних заняттях, на консультаціях при підготовці до складання іспиту.

9 Методи контролю

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

10 Розподіл балів, які отримують студенти

Приклад для іспиту

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

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 “Функціональні пристрої телекомунікацій” 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.

12 Рекомендована література

Базова

1. Кабак В.С. Функціональні пристрої телефонів мобільного зв'язку [Текст]: Навчальний посібник / В.С. Кабак, Р.В. Уваров. – Запоріжжя, 2007. – 375 с.
2. Ипатов В.П. Системы мобильной связи: Учебное пособие для вузов [Текст] / В.П. Ипатов, В.К. Орлов, И.М. Самойлов, В.Н. Смирнов; под.ред. В.П. Ипатова. – М.: Горячая линия-Телеком, 2003. – 272 с.
3. Комашинский В.И. Системы подвижной радиосвязи с пакетной передачей данных. Основы моделирования [Текст] / В.И. Комашинский, А.В. Максимов. – М.: Горячая линия-Телеком, 2007. – 176 с.
4. Карташевский В.Г. Сети подвижной связи [Текст] / В.Г. Карташевский, С.Н. Семенов, Т.В. Фирстова. – М.: ЭКО-ТРЕНДЗ, 2001. – 296 с.
5. Кабак В.С. Електронний конспект лекцій. [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://moodle.zp.edu.ua/enrol/index.php?id=1812>

Допоміжна

6. Феер К. Беспроводная цифровая связь. [Текст] / К. Феер.; пер. с англ.; – М.: Радио и связь, 2000. – 519 с.

7. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение [Текст] / Б. Скляр; пер. с англ. – М.: Издательский дом “Вильямс” , 2003. – 1104 с.

8. Кабак В.С. Схемотехніка сучасних синтезаторів частот. Навчальний посібник [Текст] / В.С. Кабак, С.В. Морщавка. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2016. – 232 с.

13 Інформаційні ресурси

1. www.moodle.zp.edu.ua.
2. www.zntu.edu.ua
3. www.rtt.zntu.edu.ua

ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ, ЩО ВІНОСЯТЬСЯ НА ПЕРШИЙ МОДУЛЬНИЙ КОНТРОЛЬ

- 1) Поняття дуплексного, напівдуплексного і симплексного зв'язку.
- 2) Метод множинного доступу із частотним розділенням (FDMA).
- 3) Метод множинного доступу із часовим розділенням (TDMA).
- 4) Метод множинного доступу із кодовим розділенням (CDMA).
- 5) Цифрові методи модуляції.
- 6) Двійкова фазова маніпуляція. Поняття сигнального сузір'я.
- 7) Квадратурна фазова модуляція. Функціональна схема модулятора сигналів QPSK.
- 8) Діаграма фазових переходів для методу QPSK.
- 9) Квадратурна фазова модуляція зі зсувом (OQPSK). Функціональна схема модулятора сигналів OQPSK.
- 10) Діаграма фазових переходів для методу OQPSK.
- 11) Диференціальна квадратурна фазова модуляція (DQPSK). Функціональна схема модулятора сигналів DQPSK.
- 12) Діаграма фазових переходів для методу DQPSK.
- 13) Частотна модуляція. Двійкова частотна маніпуляція.
- 14) Частотна маніпуляція з мінімальним зсувом. Функціональна схема модулятора сигналів MSK.
- 15) Гауссівська частотна маніпуляція з мінімальним зсувом. Функціональна схема модулятора сигналів GMSK.
- 16) Квадратурна амплітудна модуляція.
- 17) Енергетичні спектри сигналів QPSK, OQPSK, MSK, GMSK.
- 18) Модулятор на підставі процесора взаємнокорельованих сигналів.
- 19) Реалізація гауссівського фільтра нижніх частот.
- 20) Реалізація радіочастотного тракту модуляторів. Перемножувач Джилберта.
- 21) Концепція паралельної передачі даних.
- 22) Як виконується умова ортогональності частот для методу OFDM?
- 23) Структурна схема передавального тракту каналу з використанням OFDM.
- 24) Структурна схема приймального тракту каналу з використанням OFDM.
- 25) Визначення смуги когерентності. Умови виникнення частотно-селективних завмирань.
- 26) Визначення часу когерентності. Умови виникнення швидких завмирань.

ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ, ЩО ВІНОСЯТЬСЯ НА ДРУГИЙ МОДУЛЬНИЙ КОНТРОЛЬ

- 1) Архітектура передавального тракту з прямою квадратурною модуляцією.
- 2) Недоліки і переваги тракту з прямою квадратурною модуляцією.
- 3) Затягування частоти, зміщення частоти, затягування частоти ГКН по входу.
- 4) Пряма квадратурна модуляція зі зсувом частоти.
- 5) Непрямі методи модуляції. Архітектура передавального тракту із подвійним перетворенням.
- 6) Використання ФАП у передавальному тракті. Основні властивості ФАП.
- 7) Архітектура передавального тракту із використанням петлі трансляції з модуляцією опорного сигналу.
- 8) Архітектура передавального тракту із використанням петлі трансляції і I,Q модулятором усередині петлі ФАП.
- 9) Основні етапи цифрової обробки сигналів у мобільних телефонах.
- 10) Класифікація кодерів.
- 11) Кодери форми.
- 12) Вокодери.
- 13) Гібридні кодери.
- 14) RPE-LTP кодер.
- 15) CELP кодер.
- 16) Задачі каналного кодування.
- 17) Блокове кодування. Функціональна схема блокового кодера.
- 18) Згорткове кодування. Функціональна схема згорткового кодера.
- 19) Методи часового рознесення. Перемішування інформаційних бітів.
- 20) Узагальнена структурна схема мобільного телефону.
- 21) Радіочастотний тракт і тракт групового сигналу.
- 22) Організація взаємодії між трактами радіочастотного, групового і аудіосигналів, обмін інформацією з користувачем.
- 23) Основні функціональні вузли радіочастотного тракту.
- 24) Реалізація антенного блоку
- 25) Типова функціональна схема супергетеродинного приймача мобільного телефону із дворазовим перетворенням частоти.
- 26) Приймачі прямого перетворення.
- 27) Синтезатори частоти на підставі ФАП
- 28) Функціональна схема синтезатора частоти непрямого синтезу. Основні параметри синтезаторів.
- 29) Реалізація регулювання потужністю радіосигналу, що випромінюється.

Необхідний крок регулювання.

30) Використання цифрових сигнальних процесорів (DSP) у системному модулі. Задачі, які покладаються на DSP.

31) Організація оперативної і системної пам'яті мобільного телефону. Зовнішня пам'ять.