

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

ППВ 01 Системи сучасних сигналів
(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 «**Системи сучасних сигналів**» 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.

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 – 3,5	Галузь знань 17 Електроніка та телекомунікації	вибіркова	
Модулів – 2	Спеціальність, освітня програма 172 Телекомунікації та радіотехніка ОП «Радіотехніка»	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 6		3-й	3-й
Індивідуальне науково-дослідне завдання _____ (назва)		Семестр	
Загальна кількість годин – 105		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: год.	
		Вид контролю: залік	

Примітка:

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної та 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 "Системи сучасних сигналів" є формування у студентів знань, навиків та умінь, які дозволять їм здійснювати аналіз і проектування пристроїв обробки сигналів з урахуванням спектральних, енергетичних та інформаційних характеристик систем сигналів і функціональної схемотехніки цифрових засобів зв'язку та використовувати їх для створення більш ефективних телекомунікаційних мереж та радіотехнічних систем.

Дисципліна "Системи сучасних сигналів" є логічним продовженням курсів "Теорія електричних кіл і сигналів", "Сигнали і процеси в радіотехніці", "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 "Системи сучасних сигналів" студенти, на підставі отриманих знань з фундаментальних понять теорії електричних кіл та сигналів і процесів в радіотехніці, технічної електродинаміки, поширення радіохвиль, антен, напрямних систем, особливостей аналогової і цифрової схемотехніки, знайомляться з видами сигналів, які застосовуються у сучасних телекомунікаційних мережах, з визначенням показників їх ефективності, алгоритмами обробки сигналів і, принципами побудови модемів відповідних систем сигналів, з методами реалізації систем з паралельною передачею даних і систем з розширеним спектром та іншими питаннями інженерної системо- та схемотехніки, які використовуються у сучасних телекомунікаційних мережах.

Завдання. Задачею дисципліни "Системи сучасних сигналів" є ознайомлення студентів з основними видами каналів зв'язку, методами множинного доступу, з простими та багатопозиційними методами цифрової модуляції з визначенням їх ефективності, принципом дії пристроїв обробки і перетворення сигналів та функціональних вузлів, які виступають необхідною складовою частиною сучасних цифрових засобів зв'язку, зокрема, модуляторів і демодуляторів, а також з основними варіантами побудови складних сигналів для систем з паралельною передачею даних і систем з розширеним спектром, які знайшли застосування у телекомунікаційних мережах, у тому числі в системах мобільного стільникового зв'язку, локальних безпроводних мережах, навчання студентів сучасним методам аналізу і 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'язку і т.п.) для вирішення професійних завдань (ПК-5);
- 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 (РН-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);

– **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** 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, M-QAM, OFDM;
- **знати** енергетичні і спектральні характеристики сигналів BPSK, QPSK, OQPSK, MSK, GMSK, M-QAM, OFDM;
- **вміти** визначати спектральну ефективність методу модуляції, що використовується;
- **знати** принципи побудови систем з паралельною передачею даних;
- **знати** принципи побудови систем з розширеним спектром;
- **знати** методи розширення спектру;
- **знати** принципи побудови псевдовипадкових кодів;
- **бути ознайомленими** з особливостями функціональних і схемотехнічних рішень, вибором елементної бази та конструкторською реалізацією функціональних пристроїв телекомунікаційних засобів.

Зв'язок з іншими дисциплінами.

Вивчення дисципліни "Системи сучасних сигналів" 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 аналогових і цифрових методів модуляції і процесів, які відбуваються в електричних колах, імовірнісних характеристик і параметрів типових повідомлень, сигналів та завад що є предметом фундаментальної теоретичної дисципліни "Сигнали і процеси в радіотехніці", особливостей поширення радіохвиль і видів антен, які розглядаються в дисципліні "Технічна електродинаміка", а також на класичних аспектах аналогової і цифрової схемотехніки, що є предметом дисципліни "Основи схемотехніки".

Матеріали, що вивчаються у дисципліні "Системи сучасних сигналів", використовуються студентами при студіюванні дисциплін "Основи теорії передачі інформації та статистична радіотехніка", "Цифрова обробка сигналів", "Системи мобільного зв'язку", "Пристрої генерації, формування, передачі радіосигналів", "Пристрої прийому та обробки сигналів", "Теорія радіотехнічних систем".

При проведенні занять необхідно забезпечити глибоке засвоєння студентами особливостей видів модуляції та мультиплексування, спектральних характеристик сигналів, що формуються, алгоритмів реалізації функціональних пристроїв телекомунікаційних систем, творчий підхід до матеріалу, що вивчається.

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, 4G 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, 4G.

Важливість методів формування типів сигналу у цифрових засобах зв'язку.

Функціональні пристрої, як складові телекомунікаційної системи відповідних стандартів. Високий ступень функціональної і схемотехнічної інтеграції:

– лекцій – 0,5 годин;

Література: [1] с.6-8, [2] с. 13-15, 37-40, [7] с. 14-22.

Тема 2. Види множинного доступу.

Методи 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 години;

– самостійна робота – 3 години.

Література: [1] с. 9-50 [2] с. 67-88, [3] с. 10-22, [4] с.68-80.

Тема 3. Види каналів зв'язку.

Основні типи каналів. Характеристики каналів зв'язку. Затухання сигналу у вільному просторі. Гаусівський канал зв'язку (AWGN). Великомасштабні і дрібномасштабні завмирання. Канал зв'язку з релеївськими 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 – 2 години;

– самостійна робота – 3 години.

Література: [1] с. 9-50 [2] с. 41-54, 88-192 [3] с. 34-57, [4]с. 38-50, 76-93, [7] с.69-102.

Змістовий модуль 2. Різновиди цифрової фазової модуляції.

Тема 4. Класифікація видів модуляції.

Вимоги до систем безпроводного зв'язку. Основні види перетворень сигналу кодування повідомлень, фільтрація кодованих сигналів, каналне кодування, модуляція. Поняття частотної (спектральної) ефективності, енергетичної ефективності та інформаційної ефективності. Класифікація видів модуляції. Двійкові та багатопозиційні види модуляції. Основні характеристики методів модуляції:

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

Література: [1] с. 50-96, [3] с. 6-25, [4] с. 308-313.

Тема 5. Двійкова фазова маніпуляція.

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. Схема Пістолькорса. Відносна двійкова фазова маніпуляція. Методи DBPSK, DEBPSK. Алгоритм роботи сигнального кодера. Структурна схема каналу зв'язку з використанням DEBPSK:

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

Література: [1] с. 54-56, [2] с. 55-67, [3] с. 57-59, [4]с.301-308. [7]с.153-161.

Тема 6. 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: [7] с. 9-50 [2] с. 67-88, [3] с. 57-59, [4] с. 68-80.

Тема 7. 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 $p/4$ ($p/4DQPSK$). Функціональна схема модулятора для DQPSK. Діаграма фазових

переходів. Порівняльна характеристика різновидів цифрової фазової модуляції:

- лекцій – 2,5 години;
- лабораторні роботи – 4 години;
- самостійна робота – 6 годин.

Література: [1] с. 56-76, [2] с. 55-88, [3] с. 57-78, [7]с.129-144.

Змістовий модуль 3. Цифрова модуляція з неперервною зміною фази.

Тема 8. 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. 78-89, [2] с. 55-61, [3] с. 110-116, [4] с. 299-301, [7] с.175-178.

Тема 9. Гауссівська частотна маніпуляція з мінімальним зсувом (GMSK).

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 -3дБ для стандартів GSM і DECT. Фазова траєкторія та сигнальне сузір'я для методу GMSK:

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

Література: [1] с. 89-94, [2] с. 55-68, [3] с. 116-122, [7] с.178-180.

МОДУЛЬ 2

Змістовий модуль 4. Частотна ефективність методів цифрової модуляції

Тема 10. 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 рівномірності 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 – 2 години;
- самостійна робота – 4 година.

Література: [1] с. 113-127, [2] 62-67, [4] с. 318-321, [7] с. 218-227.

Змістовий модуль 5. Багатопозиційні комбіновані види модуляції.

Тема 11. Квадратурна амплітудна модуляція (QAM).

Представлення каналного символу для методу M-QAM. Різновиди фазового сузір'я для методу M-QAM. Алгоритм формування фазового сузір'я для методів M-QAM. Подання точок сузір'я за допомогою матриці. Функціональна схема модулятора M-QAM сигналу. Структурна схема каналу зв'язку з використанням M-QAM. Переваги і недоліки QAM. Порівняльна характеристика QAM з іншими видами цифрової модуляції:

- лекцій – 3 години;
- лабораторні роботи – 2 години;
- самостійна робота – 5 годин.

Література: [1] с. 94-97, [3] с. 130-150, [4] с. 318-321, [7] с. 245-254.

Тема 12. 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. Мультикодова система паралельної передачі даних. Мультичастотна система передачі даних. Умова ортогональності частот. Перекриття спектрів паралельних каналів для методу OFDM. Математичне обґрунтування реалізації модулятора для методу OFDM. Застосування дискретного зворотного перетворення Фур'є:

- лекцій – 2 години;
 - лабораторні роботи – 2 години;
 - самостійна робота – 6 годин.
- Література: [5] с. 117-122 : [4] с. 71-76.

Тема 13. Практична реалізація каналу зв'язку з використанням методу OFDM.

Захисний інтервал як метод боротьби з міжсимвольною інтерференцією. Архітектура передавального тракту системи з мультичастотною передачею даних. Математичне обґрунтування реалізації демодулятора для методу OFDM. Дуальність дискретного перетворення Фур'є. Поновлення форми представлення сигналу за допомогою послідовного застосування зворотного і прямого перетворення Фур'є. Архітектура приймального тракту.

Стандарти IEEE 802.11a, IEEE 802.11g, IEEE 802.11n. Стандарти DVB-T, DVB-T2, DAB як приклади практичного застосування методу OFDM:

- лекцій – 2 години;
 - самостійна робота – 4 години.
- Література: [4] с. 352-359, [5] с. 289-293.

Змістовий модуль 6. Принципи побудови систем з розширенням спектра.

Тема 14. Загальні властивості CDMA протоколів. Метод DS-CDMA.

Складні сигнали і мобільний зв'язок. Класифікація SSMA або CDMA протоколів. Загальні властивості і переваги систем з розширенням спектра. Методи розширення спектра. Розширення спектра прямою послідовністю (DSSS). Модем каналу зв'язку DS-SSMA. Узагальнена синхронна DS-CDMA система. Аналіз властивостей DS-CDMA систем Структурна схеми передавача системи зв'язку з використанням методу DS-CDMA Структурна схема приймача системи з розширенням спектра за методом DS-CDMA:

- лекцій – 2 години;
 - самостійна робота – 4 години.
- Література: [1] с. 286-303, [2] с. 73-79, [7] с. 300-306, [8]с.14-22.

Тема 15. Системи з розширенням спектра FH-CDMA і TH-CDMA.

Метод розширення спектра з використанням стрибків по частоті Структурні схеми передавача і приймача FHSS системи. Метод розширення спектра за допомогою стрибків у часі Структурні схеми передавача і приймача TH-CDMA системи. Розширення спектра методом лінійної частотної модуляції. Гібридні системи. Структурна схема передавача гібридної DS/FH CDMA системи:

- лекцій – 2 години;
 - самостійна робота – 4 години.
- Література: [7] с. 305-307, 326-333.

Тема 16. Псевдовипадкові послідовності.

Задачі, які покладаються до псевдовипадкових послідовностей в системах з розширенням спектра. Критерії вибору псевдовипадкових послідовностей. Автокореляційна функція повністю випадкової двійкової послідовності. Автокореляційна функція псевдовипадкової послідовності. Алгоритм обчислення автокореляційної і взаємної кореляційної функції для PN-послідовностей. Генерація розширюючих кодів за допомогою реєстрів зсуву зі зворотним зв'язком Узагальнена структурна схема генерації псевдовипадкових послідовностей. Основні властивості ПВП. M-послідовності. Послідовності Голда. Ортогональні послідовності Голда:

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

Література: [1] с. 182-197, [3] с.203-212б [7] с. 308-316. [8]с.14-22.

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					1					1
Тема 2. Види множинного доступу	5	2				3	4					4
Тема 3. Види каналів зв'язку	5	2		4		3	6					6
Змістовий модуль 2. Різновиди цифрової фазової модуляції												
Тема 4. Класифікація видів модуляції	4	2				2	4					4
Тема 5. Двійкова фазова маніпуляція	8	2		2		4	8	1		1		6
Тема 6. Передача сигналів через канал з обмеженою смугою частот	6	2				4	7	1				6
Тема 7. Різновиди багатопозиційної цифрової фазової модуляції	12,5	2,5		4		6	11	1				10

Змістовий модуль 3. Цифрова модуляція з неперервною зміною фази											
Тема 8. Цифрова частотна модуляція. Двійкова частотна маніпуляція (FSK). Частотна маніпуляція з мінімальним зсувом (MSK)	7	1		2		4	7			1	6
Тема 9. Гауссівська частотна маніпуляція з мінімальним зсувом (GMSK)	5	1				4	5				5
Разом за модулем 1	53	15		8		30	53	3		2	48
Модуль 2											
Змістовий модуль 4. Частотна ефективність методів цифрової модуляції											
Тема 10. Енергетичні спектри сигналів з цифровою модуляцією	6	2				4	7	1			6
Змістовий модуль 5. Багатопозиційні комбіновані види модуляцій											
Тема 11. Квадратурна амплітудна модуляція (QAM)	10	3		2		5	9	1			8
Тема 12. Мультиплексування з використанням ортогональних піднесучих	10	2		2		6	11	1		2	8
Тема 13. Практична реалізація каналу зв'язку з використанням методу OFDM	6	2				4	6				6
Змістовий модуль 6. Принципи побудови систем з розширенням спектра											
Тема 14. Загальні властивості CDMA протоколів. Метод DS-CDMA	6	2				4	7				7
Тема 15. FH-CDMA і TH-CDMA системи	6	2				4	6				6
Тема 16. Псевдовипадкові послідовності	8	2		2		4	6				6
Разом за модулем 2	52	15		6		31	52	3		2	47
Усього годин	105	30		14		61	105	6		4	95

5 Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Моделювання каналу зв'язку з використанням бінарної фазової маніпуляції (BPSK, DEBPSK)	2
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 каналу зв'язку з використанням методу M-QAM	2
6	Дослідження каналу зв'язку з використанням методу OFDM	2
7	Дослідження властивостей псевдовипадкових послідовностей	2
	Разом	14

6 Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Підготовка до лабораторних та лекційних занять	30
2	Підготовка до поточного контролю та іспиту	31
	Разом	61

7 Індивідуальні завдання

Не передбачено.

8 Методи навчання

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

9 Методи контролю

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

10 Розподіл балів, які отримують студенти

Приклад для заліку

Модуль №1	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	Сума 100
	6	6	6	6	6	6	8	6	
Модуль №2	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	
	6	6	6	8	6	6	6	6	

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), диференційованого заліку. 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 “Системи сучасних сигналів ” для студентів спеціальності 172 “Телекомунікації та радіотехніка” денної та заочної форм навчання. Частина I / Укл. В.С. Кабак, Г.М. Сидоренко. – Запоріжжя: НУ “Запорізька політехніка”, 2021. – 64 с.

2. Методичні вказівки до лабораторних занять з дисципліни “Системи сучасних сигналів ” 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. – 60 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. Климаш М.М. Проектування ефективних систем безпроводного зв'язку / М.М. Климаш, В.О. Пелішок. – Львів, 2010. – 231 с.
4. Бабак В.П. Обробка сигналів у радіоканалах цифрових систем передавання інформації: Навч. посібник [Текст] / В.П. Бабак, Т.М. Наритник, Ю.В. Куц, В.Я. Казимиренко. – К.: Книжкове вид-во НАУ, 2005. – 476 с.
5. Вишневский В.М. Широкополосные беспроводные сети передачи информации [Текст] / В.М. Вишневский, А.И. Ляхов, С.Л. Портной, И.В. Шахнович. – М.: Техносфера, 2005. – 592 с.
6. Кабак В.С. Електронний конспект лекцій. [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://moodle.zp.edu.ua/enrol/index.php?id=2806>

Допоміжна

7. Феер К. Беспроводная цифровая связь. [Текст] / К. Феер.; пер. с англ.; – М.: Радио и связь, 2000. – 519 с.
8. Бабков В.Ю. Системы зв'язку з кодовим розділенням каналів. [Текст] / В.Ю. Бабков, М.А. Вознюк, А.Н. Никитин. – СПб, 1999. – 120 с.
9. Склад Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение [Текст] / Б. Склад; пер. с англ. – М.: Издательский дом “Вильямс”, 2003. – 1104 с.
10. 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 канального 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, інтерфейсні
- 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.