

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 16 Теорія електричного зв'язку

(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 «**Теорія електричного зв'язку**» для студентів спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка», освітня програма (спеціалізація) «Інформаційні мережі зв'язку».
(назва освітньої програми (спеціалізації))

« » _____, 20 року – _____ с.

Розробники: **Бугрова Тетяна Іванівна**, доцент кафедри Радіотехніки та телекомунікацій, к.т.н.

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  (Моршавка 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 – 8,5	Галузь знань 17 Електроніка та телекомунікації	Нормативна	
Модулів – 2	Спеціальність, освітня програма 172 Телекомунікації та радіотехніка ОП «Інформаційні мережі зв'язку»	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 2		3-й	3-й
Індивідуальне науково-дослідне завдання: <u>курсора робота</u>		Семестр	
Загальна кількість годин – 255		5,6-й	5,6-й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 6 самостійної роботи студента – 4	Освітньо-кваліфікаційний рівень: Перший (бакалаврський)	Лекції	
		60 год.	12 год.
		Практичні, семінарські	
		год.	год.
		Лабораторні	
		30 год.	8 год.
		Самостійна робота	
		135 год.	205 год.
Індивідуальні завдання:			
30 год.			
Вид контролю: залік, іспит			

Примітка.

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

для денної форми навчання – 90/135/30;
для заочної форми навчання – 20/205/30.

2 Мета навчальної дисципліни

Мета дисципліни – засвоїти сучасні правила і тенденції розвитку систем електрозв'язку та навчитися співставляти схеми реальних систем з відповідними математичними моделями, а також ознайомитись з існуючими методами та алгоритмами моделювання як сигналів, окремих елементів систем електрозв'язку, так і складних систем передавання і прийому телекомунікаційної інформації загалом.

Завдання – навчитись обирати адекватний розв'язуваній задачі математичний апарат та виробити навички вирішення певних технічних задач, які пов'язані з проектуванням сучасних систем електрозв'язку.

При вивченні даної дисципліни студент отримує:

загальні компетентності:

- здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (ЗК-1);
- здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК-2);
- 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 (професійні) 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 із 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).

Результатом навчання є:

- вміння аналізувати, аргументувати, приймати рішення при розв'язанні спеціалізованих задач та практичних проблем телекомунікацій та радіотехніки, які характеризуються комплексністю та неповною визначеністю умов (РН-1);
- вміння 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);
- вміння пояснювати результати, отримані в результаті проведення вимірювань, в термінах їх значущості та пов'язувати їх з відповідною теорією (РН-4);
- здобуття навичок оцінювання, інтерпретації та синтезу інформації і даних (РН-5);
- вміння адаптуватись в умовах зміни технологій інформаційно-комунікаційних мереж, телекомунікаційних та радіотехнічних систем (РН-6).

3 Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Основи теорії передачі інформації по каналах зв'язку та теорія сигналів.

Тема 1. Системи електрозв'язку. Передача інформації.

1.1 Основні поняття та визначення систем електрозв'язку. Інформація, повідомлення, сигнали. Джерело і отримувач інформації. Узагальнена структурна схема електрозв'язку. Неперервні і дискретні повідомлення. Лінія зв'язку. Канал електрозв'язку. Багатоканальні системи.

1.2 Кодування та декодування. Первинний алфавіт. Код. Вторинний алфавіт (основа кода). Кодер і декодер. Класифікація кодів. Рівномірні і нерівномірні коди. Прості, або коди без надмірності. Коректувальні коди, або коди з надмірністю. Дійкові коди. Код Шеннона-Фено. Багатопозиційні коди. Швидкість модуляції кода.

1.3 Завади і спотворення сигналів. Походження завад. Флуктуаційні і зосереджені завади. Зосереджені в часі (імпульсні) завади. Зосереджені по спектру завади. Адитивні та мультиплікативні завади.

1.4 Основні характеристики систем зв'язку. Швидкість і достовірність (вірність) передачі повідомлень. Завадостійкість системи. Коефіцієнт помилок. Середньоквадратичне відхилення прийнятого повідомлення від переданого.

Тема 2. Сигнали і завади, їх математичний опис.

2.1 Сигнал і його математична модель. Гармонійний і імпульсний сигнали. Обвідна радіоімпульсу. Шпаруватість імпульсів. Прості і складні сигнали. Періодичні сигнали і їх розкладання в ортогональні ряди. Узагальнені ряди Фур'є. Базисні функції ортогональних рядів. Спектральні щільності періодичних і неперіодичних сигналів. Амплітудний і фазовий спектри прямокутного відео- та радіоімпульсу. Роль спектра в забезпеченні неспотвореної передачі сигналу по каналу зв'язку, для забезпечення поділу сигналів і ослаблення перешкод. Випадкові і детерміновані сигнали. Безперервні і дискретизовані в часі сигнали. Відновлення безперервного сигналу по системі його дискретних відліків. Теорема і ряд Котельникова. Крок і частота дискретизації. Квантування сигналу за рівнем.

2.2 Випадкові сигнали і перешкоди і їх числові характеристики. Функція і щільність розподілу ймовірності. Математичне очікування. Дисперсія. Функція кореляції. Спектральна щільність потужності. Зв'язок між кореляційної функцією і спектром потужності. Теорема Хинчина-Вінера. Стаціонарний випадковий процес і ергодичної стаціонарний процес. Флуктуаційний шум. Щільність ймовірності і функція розподілу гаусівського процесу. Інтеграл ймовірності. Білий і квазібілий шуми. Числові характеристики сигналів і завад. Потужність і енергія. Миттєва, середня і повна потужність. Відношення сигнал-шум по потужності (ДБм) і напрузі. Динамічний діапазон і коефіцієнт амплітуди. Тривалість сигналу і ширина його спектру. Ефективна тривалість нескінченного сигналу і ефективна ширина спектру нескінченної ширини.

2.3 Первинні сигнали електрозв'язку. Мовний сигнал. Абсолютний динамічний рівень мовного сигналу (волюм). Сигнал звукового мовлення.

Телевізійний сигнал. Факсимільний сигнал. Сигнал передачі даних. Швидкість модуляції, відношення сигнал-шум, ширина спектру цих сигналів.

Тема 3. Модульовані сигнали

3.1 Загальні поняття про модуляцію. Суть і види модуляції. Основні параметри і характеристики модульованих сигналів.

3.2 Амплітудна модуляція гармонійної несівної. Коефіцієнт модуляції. Спектральна діаграма однотонового і багатотонового АМ сигналу. Ширина спектра АМ сигналу. Енергетичні характеристики АМ сигналу. Балансна і односмугова амплітудна модуляція. Енергетичні та спектральні переваги цих видів модуляції.

3.3 Кутові види модуляції (фазова і частотна модуляція) гармонійної несівної. Девіація частоти при частотній і індекс кутової модуляції при фазовій модуляції. Спектр сигналів з кутовою модуляцією при однотоновому модулюючому сигналі. Ряди Фур'є-Бесселя. Ефективна ширина спектра сигналів з кутовою модуляцією. Амплітудна, частотна і фазова маніпуляція.

3.4 Імпульсні види модуляції (АІМ, ФІМ, ЧІМ, ШІМ). Часові діаграми і спектри імпульсно-модульованих сигналів. Імпульсна маніпуляція.

Тема 4. Формування і перетворення сигналів нелінійними і параметричними колами.

4.1 Нелінійні і параметричні елементи і кола. Класифікація електричних кіл. Лінійні, нелінійні і параметричні елементи і кола. Характеристики нелінійних резистивних (вольт-амперні) і реактивних (вольт-фарадні і Генрі-амперні) елементів. Негативний опір нелінійних резисторів. Параметричні елементи, їх статичні і диференційні параметри. Диференційна крутизна. Кусково-лінійна і поліноміальна апроксимація характеристик нелінійних елементів.

4.2 Вплив гармонійного коливання на безінерційний нелінійний елемент. Метод n ординат. Метод кута відсічення (Берга). Функції Берга. Вплив на нелінійний і параметричний елементи полігармонійних коливань. Гармоніки сигналу і комбінаційні частоти.

4.3 Перетворення сигналів і спектрів в нелінійних і параметричних колах. Множення і множники частоти. Перетворювачі частоти. Перенесення спектрів. Показник ефективності – крутизна перетворення.

4.4 Характеристики модуляторів. Частотна характеристика, статична і динамічна модуляційна характеристики.

4.5 Амплітудний і балансний модулятори. Класичний і кільцевий (подвійний балансний) модулятор. Способи отримання ОМ сигналу (фільтровий і фазовий).

4.6 Частотні та фазові модулятори. Формування сигналів імпульсних модуляцій. Прямий і непрямий методи отримання ЧІМ. Отримання ЧІМ, ШІМ і ФІМ з АІМ.

4.7 Маніпуляція несівної. Формування ОФМн. Відносний декодер.

Тема 5. Прийом сигналів електрозв'язку.

5.1 Обробка сигналів в приймачі. Умови прийому, завдання прийому, його основні функції.

5.2 Когерентний і некогерентний прийом. Цифрова обробка прийнятого сигналу. Вирішувальний пристрій при прийомі цифрових сигналів.

5.3 Фільтрація безперервних сигналів. Оптимальний лінійний фільтр Колмогорова-Вінера, його частотні характеристики. Частотні фільтри систем зв'язку: Баттерворта з максимально плоскою амплітудно-частотною характеристикою в смузі пропускання; Гаусса (Бесселя) з лінійною фазо-частотною характеристикою.

5.4 Фільтрація дискретних сигналів. Узгоджена фільтрація. Відмінності оптимального фільтра Колмогорова-Вінера і оптимального узгодженого фільтра. Квазіоптимальні фільтри. Стробування (прийом з одноразовим відліком). Інтегральний прийом.

Змістовий модуль 2. Приймання сигналів та елементи теорії інформації

Тема 6. Детектування. Загальні поняття про детектування сигналів.

6.1 Детектування і характеристика детектування. Коефіцієнт перетворення детектора. Частотна характеристика.

6.2 Амплітудні детектори. Принцип детектування АМ сигналів. Діодний детектор. Взаємодія сигналу і перешкоди в АД. Синхронне детектування.

6.3 Фазові детектори. Принцип роботи і типи. Балансний фазовий детектор. Рівняння детекторної характеристики балансного ФД. Ключовий ФД.

6.4 Частотне детектування. Частотно-амплітудні, частотно-фазові і частотно-імпульсні детектори. Балансний ЧД з взаємно розлаштованими контурами. Частотно-фазові детектори. Детектування ЧМ сигналу при наявності перешкод.

6.5 Детектування сигналів імпульсних і дискретних модуляцій. Регенерація імпульсно-модульованих сигналів. Детектори імпульсно-модульованих сигналів (АІМ, ШІМ, ЧІМ і ФІМ).

Тема 7. Основи теорії завадостійкості. Основні поняття завадостійкості.

7.1. Потенційна і реальна завадостійкість.

7.2 Оптимальний прийом дискретних сигналів. Критерій ідеального спостерігача (Котельникова). Алгоритм оптимального прийому. Поелементний прийом АМн, ЧМн і ФМн сигналів в каналі з адитивним гаусівським шумом.

7.3 Схеми оптимальних когерентних і некогерентних приймачів.

7.4 Потенційна стійкість прийому дискретних сигналів. Розрахунок завадостійкості прийому при заданих параметрах сигналів і перешкод. Енергетичний вииграш при прийомі двійкових сигналів.

7.5 Оптимальний прийом безперервних сигналів. Критерії оптимальності. Поріг завадостійкості демодулятора. Перестроюваний слідкуючий фільтр в тракці ЧМ приймача (слідкуючий гетеродин). Зниження порогу завадостійкості застосуванням демодулятора зі зворотним зв'язком по частоті.

7.6 Неоптимальний прийом сигналів. Прийом сигналів з частотною маніпуляцією. Системи з фазовою і відносною фазовою маніпуляціями. Демодулятор ОФМн сигналів за методом порівняння фаз; за методом порівняння полярностей. Помилка ОФМн і ЧМн демодуляторів при когерентному і

некогерентному прийомі. Прийом безперервних АМ і ЧМ сигналів. Передспотворення модулюючого сигналу.

Тема 8. Цифрові методи передачі безперервних сигналів.

8.1 Імпульсно-кодова модуляція і її особливості. Аналого-цифрове перетворення при ІКМ. Методи підвищення завадостійкості ІКМ.

8.2 Дельта-модуляція. Принципи дельта-модуляції. Структурна схема АЦП і ЦАП лінійної дельта-модуляції.

8.3 Особливості передачі цифрових сигналів по лініях зв'язку. Стійкість і ширина спектру. Дискретизація, нерівномірне квантування, шуми квантування, кодування. Формування коду лінії.

Тема 9. Елементи теорії інформації.

9.1 Інформаційні характеристики джерела повідомлень. Кількість інформації і одиниці його вимірювання. Ентропія джерела. Надмірність джерела. Коефіцієнт надмірності. Продуктивність джерела.

9.2 Інформаційні характеристики каналів зв'язку. Швидкість передачі інформації по каналах. Пропускна здатність безперервних, дискретних і двійкових каналів. Основна теорема кодування К. Шенона.

9.3 Ефективність систем зв'язку. Коефіцієнт використання пропускної здатності каналу (інформаційна ефективність). Частотна ефективність каналу. Коефіцієнт використання потужності сигналу при заданій спектральній щільності потужності завади.

9.4 Коригувальні коди. Дозволені і заборонені комбінації. Коригувальна здатність коду. Кодова відстань. Коефіцієнт надмірності коду. Принципи побудови коригувальних кодів. Класифікація. Блокові і безперервні коди, роздільні нероздільні, систематичні і несистематичні. Коди з постійною вагою, з парним числом одиниць, циклічні коди. Породжувальний поліном і синдром циклічного коду. Коди Баркера, Хафмена і Хемінга.

Тема 10. Ущільнення каналів (ліній) зв'язку.

10.1 Багатоканальні системи передачі інформації. Основні принципи ущільнення і розділення сигналів (каналів). Міжканальні перешкоди. Теорія лінійного розділення сигналів. Умови роздільності сигналів. Розділення ортогональних і лінійно-незалежних сигналів.

10.2 Частотне та фазове ущільнення. Фазове ущільнення. Квадратурне уявлення сигналів. Частотне ущільнення. Структурна схема багатоканальної системи з ЧРК. Основні характеристики. Групоутворення. Технологія OFDMA. Стандарти DVB і LTE.

10.3 Часове ущільнення. Основні характеристики. Групоутворення.

10.4 Комбінаційне ущільнення. Використання багатопозиційних сигналів (ДЧМ, ДОФМ, ТОФМ, OQPSK, 16-АФМ, 256-АФМ). Кодово-адресне ущільнення. Використання ширококутових сигналів. Асинхронно-адресні системи. Принцип статистичного ущільнення. Порівняння методів ущільнення каналів.

4 Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	Денна форма						Заочна форма					
	усьог о	у тому числі					усього	у тому числі				
		лк	пр	лаб	інд	с.р.		лк	пр	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Модуль 1												
Змістовий модуль 1. Основи теорії передачі інформації по каналах зв'язку та теорія сигналів												
Тема 1. Системи електрозв'язку. Передача інформації	23	6				12	27			2	5	20
Тема 2. Сигнали і завади, їх математичний опис	27	6		4	5	12	27	2				20
Тема 3. Модульовані сигнали	27	6		4	5	12	27			2	5	20
Тема 4. Формування і перетворення сигналів нелінійними і параметричними колами	18	6				12	27	2				20
Тема 5. Прийом сигналів електрозв'язку	23	6			5	12	27	2			5	20
Разом за змістовим модулем 1	98	30		8	15	60	135	6		4	15	100
Модуль 2												
Змістовий модуль 2. Приймання сигналів та елементи теорії інформації												
Тема 6. Детектування	23	6			5	15	27	2			5	20
Тема 7. Основи теорії завадостійкості	27	6		4		15	27			2		20
Тема 8. Цифрові методи передачі безперервних сигналів	27	6		4	5	15	27	2			5	25
Тема 9. Елементи теорії інформації	37	6		14		15	29	2		2	5	20
Тема 10. Ущільнення каналів (ліній)	23	6			5	15	10					10

зв'язку												
Разом за змістовим модулем 2	147	30		22	15	75	120	6		4	15	105
Усього годин	255	60		30	30	135	255	12		8	30	205

5 Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Спектри імпульсних сигналів	4
2	Спектри модульованих сигналів	4
3	Багатопозиційні АФМ-сигнали	4
4	Кореляційні функції складних (широкосмугових) сигналів	2
5	Двовимірні функції автокореляції (функції невизначеності)	2
6	Ентропія дискретного джерела повідомлень. Оптимальне (статистичне) кодування	4
7	Розрахунки завадозахищеності коректувальних кодів	4
8	Коди Хемінга	4
9	Циклічні коди	4

6 Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Спектри імпульсних сигналів	5
2	Спектри модульованих сигналів	5
3	Багатопозиційні сигнали	5
4	Кореляційний аналіз сигналів	5
5	Статистичні характеристики неперервних та дискретних джерел повідомлень	5
6	Код Хафмена	5
7	Код Хемінга	5
8	Код Шенона-Фено	5
9	Циклічний код	5
	Разом	45

7 Індивідуальні завдання

Курсова робота за темою «Розрахунок системи передачі інформації, її параметрів та характеристик» з вихідними даними по варіантах згідно методичних вказівок до виконання курсової роботи <https://moodle.zp.edu.ua/course/view.php?id=548>.

7	7	7	7	7	7	7	7	7	7		
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	--	--

T1, T2 ... T10 – теми змістових модулів.

Приклад при виконанні курсового проекту (роботи)

Пояснювальна записка	Ілюстративна частина	Захист роботи	Сума
до 60	до 10	до 30	100

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

12 Методичне забезпечення

1. Теорія електричного зв'язку. Конспект лекцій для студентів спеціальності 172 "Радіотехніка та телекомунікації" всіх форм навчання / Запоріжжя: НУ«ЗП», 2020. – 300 с.

2. Методичні вказівки до лабораторних занять з дисципліни «Теорія електричного зв'язку» для студентів спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка" всіх форм навчання / Укл. Т.І.Бугрова. – Запоріжжя, НУ ЗП, 2020. – 54 с.

3. Методичні вказівки до курсової роботи з дисципліни «Теорія електричного зв'язку» для студентів спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка" рівня бакалавр всіх форм навчання / Укл.: Т.І.Бугрова. – Запоріжжя: НУ ЗП, 2020. – 24 с.

13 Рекомендована література

Базова

1. Панфілов І.П. Теорія електричного зв'язку: навч. посібн. для ВНЗ / І.П. Панфілов, В.Ю. Дирда, А.В. Капацін. – К.: Техніка, 1998. – 322 с.

2. Конахович Г.Ф. Теорія електричного зв'язку: навчальний посібник / Г.Ф. Конахович, І.О. Мачалін, О.Ю. Пузиренко. – К.: ТОВ «НВП Інтерсервіс», 2013. – 368 с.

Допоміжна

1. Гусєв О.Ю. Теорія електричного зв'язку: навчальний посібник/ О.Ю. Гусєв, Г.Ф. Конахович, В.І. Корнієнко, Г.В. Кузнецов, О.Ю. Пузиренко – Львів: Магнолія, 2016. – 331 с.

14 Інформаційні ресурси

1. Гусєв О.Ю. Теорія електричного зв'язку: навчальний посібник. <http://tks.nau.edu.ua/wp-content/uploads/2016/10/TEORIYA-ELEKTRYCHNOGO-ZVYAZKU.pdf>.

2. Бугрова Т.І. Теорія електричного зв'язку. Конспект лекцій <https://moodle.zp.edu.ua/course/view.php?id=548>.

3. Бугрова Т.І. Методичні вказівки до лабораторних занять з дисципліни «Теорія електричного зв'язку» <https://moodle.zp.edu.ua/course/view.php?id=548>.

4. Бугрова Т.І. Методичні вказівки до курсової роботи з дисципліни «Теорія електричного зв'язку» <https://moodle.zp.edu.ua/course/view.php?id=548>.

5. Програмне забезпечення для виконання лабораторних робіт <https://moodle.zp.edu.ua/course/view.php?id=548>.