

**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**

**ПН 13 Сигнали та процеси в радіотехніці**

(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 «**Сигнали та процеси в радіотехніці**» для студентів

спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка»,

освітня програма (спеціалізація) «Радіотехніка».  
(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  (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 – 5	Галузь знань 17 Електроніка та телекомунікації	Нормативна	
Модулів – 1	Спеціальність, освітня програма 172 Телекомунікації та радіотехніка ОП «Радіотехніка»	<b>Рік підготовки:</b>	
Змістових модулів – 2		3-й	3-й
Індивідуальне науково-дослідне завдання: <u>курсора робота</u>		<b>Семестр</b>	
Загальна кількість годин – 150		5-й	5-й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3 самостійної роботи студента – 5	Освітньо-кваліфікаційний рівень: Перший (бакалаврський)	<b>Лекції</b>	
		30 год.	6 год.
		<b>Практичні, семінарські</b>	
		год.	год.
		<b>Лабораторні</b>	
		15 год.	4 год.
		<b>Самостійна робота</b>	
		75 год.	110 год.
<b>Індивідуальні завдання:</b>			
30 год.			
Вид контролю: залік			

### Примітка.

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

для денної форми навчання – 45/75/30;  
для заочної форми навчання – 10/110/30.

## 2 Мета навчальної дисципліни

**Мета** – засвоєння сучасних методів і тенденцій розвитку побудови моделей зв'язку між структурою сигналу і механізмом його дії на радіотехнічні кола, формування здатності до вибору адекватного розв'язуваній задачі математичного апарату і вироблення навичок вирішення певних технічних та наукових задач, які пов'язані з перетворенням радіотехнічних сигналів.

**Завдання** – засвоєння основного комплексу знань та фундаментальних закономірностей, що пов'язані з формуванням детермінованих та випадкових сигналів та процесів у лінійних та нелінійних радіотехнічних колах, пристроях та системах; засвоєння принципів функціонування електричних кіл; засвоєння на певних прикладах тісного зв'язку між математичним описом і фізичним боком розглянутих явищ.

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

**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).

**Результати навчання:**

- 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 реальними структурами (РН-4);

- мати навички оцінювання, інтерпретації та синтезу інформації і даних (PH-5);
- вміння адаптуватись в умовах зміни технологій інформаційно-комунікаційних мереж, телекомунікаційних та радіотехнічних систем (PH-6).

### **3 Програма навчальної дисципліни**

**Змістовий модуль 1. Теорія і методи математичного моделювання детермінованих та випадкових сигналів та їх дія на лінійні і нелінійні радіотехнічні кола.**

**Тема 1. Вступ. Основні визначення та поняття. Спектральні характеристики детермінованих сигналів.** Основна задача радіотехніки, класифікація сигналів. Детерміновані та випадкові сигнали та процеси. Перетворення сигналів у радіотехнічних системах. Радіотехнічні кола та методи їх аналізу. Обробка безперервних та дискретних сигналів. Проблеми обробки радіосигналів. Зображення довільного сигналу через суму елементарних коливань. Спектр періодичного сигналу. Розклад періодичних сигналів за тригонометричним, комплексним експоненціальним та довільним базисами. Розподіл потужності у спектрі періодичного сигналу. Спектр неперіодичного сигналу. Розподіл енергії у спектрі неперіодичного сигналу. Спектральна щільність деяких функцій, що не інтегруються. Основні властивості перетворення Фур'є. Співвідношення між тривалістю сигналу та шириною його спектру. Швидкість спадання спектру. Зображення сигналів на площині комплексної частоти. Кореляційний аналіз детермінованих сигналів.

**Тема 2. Сигнали з обмеженим та необмеженим спектром. Основні характеристики випадкових сигналів.** Радіосигнали з амплітудною модуляцією. Векторна, часова та спектральна діаграми. Сигнали з кутовою модуляцією. Фаза та миттєва частота коливання. Однотональна кутова модуляція. Спектр сигналу при складній кутовій модуляції. Спектр лінійно-частотномодульованого (ЛЧМ) сигналу. Сигнали з імпульсною модуляцією. Аналітичний сигнал та перетворення Гілберта. Комплексна огинаюча та її властивості. Спектральні та кореляційні характеристики аналітичного сигналу та його комплексної згинаючої. Автокореляційна функція модульованого коливання. Загальні визначення, методи опису та класифікація. Одновимірні та багатовимірні закони розподілу миттєвих значень випадкових процесів. Моментні та кореляційні функції. Характеристична функція. Стаціонарність у вузькому та широкому сенсі. Ергодичність. Співвідношення між спектральною щільністю та коваріаційною функцією випадкового процесу. Вузькосмуговий випадковий процес. Комплексний випадковий процес.

**Тема 3. Дія детермінованих сигналів на лінійні стаціонарні кола. Дія радіосигналів на лінійні частотно-виборчі кола.** Засоби математичного опису лінійних динамічних систем. Активний чотириполюсник як лінійний підсилювач. Спектральний та операторний методи аналізу. Метод інтегралу накладення. Диференціювання та інтегрування сигналів лінійними колами. Передаточна

функція систем зі зворотним зв'язком. Алгебраїчні та частотні критерії стійкості систем зі зворотним зв'язком. Моделі частотно-виборчих кіл. Одноконтурні та багатоконтурні кола. Основні співвідношення. Частотно-виборчі кола при широкосмуговій дії. Наближений спектральний метод. Частотно-виборчі кола при вузькосмуговій дії. Метод обвідної. Явища у вузькосмугових колах при обробці модульованих та маніпульованих коливань.

**Тема 4. Перетворення детермінованих і випадкових процесі у лінійних та нелінійних колах.** Спектрально-кореляційні характеристики випадкового процесу на виході лінійної системи. Характеристики власних шумів у радіоелектронних колах. Диференційне та інтегруюче кола. Розподіл ймовірностей випадкового процесу на виході лінійної системи. «Нормалізація» випадкового процесу на виході лінійного фільтра. Апроксимація нелінійних характеристик. Дія вузькосмугового радіосигналу на нелінійний елемент. Дія бігармонійного сигналу на нелінійний резистивний елемент. Нелінійне резонансне підсилення та множення частоти. Засоби здійснення модуляції. Амплітудна модуляція. Балансна та односмугова модуляція. Частотна та фазова модуляція. Детектування. Загальні відомості. Детектування АМ коливань у нелінійних колах. Детектування ФМ та ЧМ коливань. Взаємодія декількох сигналів у нелінійному елементі. Пригнічення слабкого коливання сильнішим. Перехресна модуляція. Інтермодуляція. Амплітудно-фазова конверсія.

**Тема 5. Автоколивальні системи. Перетворення коливань у параметричних колах.** Диференційне рівняння автогенератора. Умови самозбудження. Характеристика методів аналізу нелінійних автоколивальних систем. Стаціонарний режим автогенератора. Трьохточкові схеми генераторів. РС-генератори. Затягування частоти. Особливості транзисторних автогенераторів. Регенерація. Дія гармонійної ЕРС на автогенератор. Захоплення частоти. Загальні характеристики кіл з параметрами, що змінюються у часі. Параметричні елементи та їх практична реалізація. Проходження коливань крізь резистивні параметричні кола. Спектр відгуку кола на гармонійну дію. Перетворення частоти. Крутизна перетворення. Синхронне детектування. Принципи параметричного підсилення. Енергетичні співвідношення у параметричних реактивних елементах. Одноконтурний та двохконтурний параметричні підсилювачі. Рівняння Менлі-Роу. Параметричне збудження коливань. Стаціонарний режим параметричного генератора.

**Змістовий модуль 2. Цифрові фільтри і процесори обробки сигналів. Елементи синтезу кіл.**

**Тема 6. Дискретні сигнали, дискретні лінійні кола та цифрові фільтри.** Дискретизація безперервного сигналу в часі. Теорема Котельникова. Принципи дискретної фільтрації. Структурна схема цифрової обробки сигналу (дискретизації – відновлення аналогового сигналу). Характеристики дискретних та цифрових сигналів. Форми їх запису. Лінійні дискретні кола, їх характеристики в спектральній області та в часі. Системна функція, частотна, імпульсна та перехідна характеристики і взаємний зв'язок між ними. Цифрові фільтри (ЦФ).

Класифікація. Фільтри зі скінченною (КІХ) та нескінченною (НІХ) імпульсними характеристиками. Алгоритми аналізу ЦФ методом різницевого рівняння, дискретного згортку вхідного сигналу з імпульсною характеристикою та методом Z-перетворення (Гілберта).

**Тема 7. Алгоритми роботи цифрових фільтрів.** Принцип дії нерекурсивного (трансверсального) та рекурсивного цифрових фільтрів. Пряма та канонічна структурні схеми. Паралельна, послідовна та каскадна схеми цифрових фільтрів. Методи синтезу ЦФ за різницеvim рівнянням, імпульсною характеристикою та системною функцією. Перетворення аналог-цифра та цифра-аналог. Шуми квантування. Швидкодія арифметичного пристрою цифрового фільтра. Алгоритми цифрової фільтрації у частотній області й області часу. Застосування дискретного та швидкого перетворення Фур'є у пристроях обробки сигналів.

**Тема 8. Оптимальна лінійна фільтрація.** Задачі та проблема обрання критерію оптимальності. Передавальна функція узгодженого лінійного фільтра. Імпульсна характеристика та фізична можливість створення узгодженого лінійного фільтра. Характеристики сигналу та перешкод після узгодженого лінійного фільтра. Приклади узгоджених лінійних фільтрів для простих та складних сигналів. Корелятор в якості узгодженого фільтру. Порівняння активного та пасивного методів оптимальної лінійної фільтрації. Оптимальна фільтрація відомого сигналу на фоні небілого шуму.

**Тема 9. Дія випадкових процесів на нелінійні та параметричні кола.** Перетворення випадкового процесу у безінерційних нелінійних колах. Перетворення спектру випадкового процесу у безінерційному нелінійному елементі. Дія вузькосмугового шуму на амплітудний детектор. Спільна дія гармонійного сигналу та нормального шуму на амплітудний детектор. Спільна дія гармонійного сигналу та нормального шуму на частотний детектор. Кореляційна функція та спектр випадкового процесу у лінійному параметричному колі.

**Тема 10. Елементи синтезу радіоелектронних кіл. Узагальнена лінійна фільтрація сигналів.** Реалізація безіндуктивного кола другого порядку. Синтез цифрових фільтрів. Синтез цифрових фільтрів за аналоговим прототипом. Метод інваріантних частотних характеристик. Зв'язок між амплітудно-частотною та фазо-частотною характеристиками чотиріполюсника. Зв'язок між АЧХ та ФЧХ цифрових чотиріполюсників.

#### 4 Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	Денна форма						Заочна форма					
	усь ого	у тому числі					усь го	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
<b>Модуль 1</b>												

<b>Змістовий модуль 1. Теорія і методи математичного моделювання детермінованих та випадкових сигналів та їх дії на лінійні і нелінійні радіотехнічні кола</b>												
Тема 1. Вступ. Основні визначення та поняття. Спектральні характеристики детермінованих сигналів.	15	3		2	3	7	16	1		1	3	11
Тема 2. Сигнали з обмеженим та необмеженим спектром. Основні характеристики випадкових сигналів	14	3			3	8	15	1			3	11
Тема 3. Дія детермінованих сигналів на лінійні стаціонарні кола. Дія радіосигналів на лінійні частотно-виборчі кола	16	3		3	3	7	14				3	11
Тема 4. Перетворення детермінованих і випадкових процесів у лінійних та нелінійних колах	14	3			3	8	15	1			3	11
Тема 5. Автоколивальні системи. Перетворення коливань у параметричних колах	16	3		3	3	7	16	1		1	3	11
Разом за змістовим модулем 1	75	15		7	15	37	76	4		2	15	55
<b>Змістовий модуль 2. Цифрові фільтри і процесори обробки сигналів. Елементи синтезу кіл</b>												
Тема 6. Дискретні сигнали, дискретні лінійні кола та цифрові фільтри	17	3		3	3	8	16	1		1	3	11
Тема 7. Алгоритми роботи цифрових фільтрів	13	3			3	7	14				3	11
Тема 8. Оптимальна лінійна фільтрація	16	3		2	3	8	15			1	3	11
Тема 9. Дія випадкових процесів на нелінійні та параметричні кола	13	3			3	7	14				3	11
Тема 10. Елементи синтезу радіоелектронних кіл. Узагальнена лінійна фільтрація сигналів	17	3		3	3	8	15	1			3	11
Разом за змістовим модулем 2	75	15		8	15	38	74	2		2	15	55
<b>Усього годин</b>	<b>150</b>	<b>30</b>		<b>15</b>	<b>30</b>	<b>75</b>	<b>150</b>	<b>6</b>		<b>4</b>	<b>30</b>	<b>110</b>



### 5 Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Аналіз та синтез сигналів по Хаару	3
2	Гармонійний аналіз періодичної послідовності відеоімпульсів	3
3	Нелінійне резонансне підсилення й помноження частоти	3
4	Амплітудна, частотна та фазова модуляція сигналу	3
5	Аналіз й синтез лінійних цифрових фільтрів першого й другого порядків	3
	Разом	15

### 6 Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Аналіз та синтез сигналів по Хаару і Фур'є	8
2	Відновлення неперервних сигналів по дискретних відліках згідно теореми Котельнікова	8
3	Проходження радіоімпульса з ризними обвідними крізь виборчу систему	8
4	Нелінійний резонансний підсилювач й множник частоти	8
5	Амплітудний, частотний та фазовий модулятори	8
6	РС – генератор гармонійних коливань	8
7	Стационарні та нестационарні процеси у LC – автогенераторі. Вивчення явища захоплення частоти.	8
8	Аналіз та синтез лінійних цифрових фільтрів першого й вищих порядків	8
9	Параметричні підсилювачі коливань	11
	Разом	75

## 7 Індивідуальні завдання

Курсова робота за темою «Проходження радіоімпульсу крізь виборчі кола» з вихідними даними по варіантах згідно методичних вказівок до виконання курсової роботи <https://moodle.zp.edu.ua/course/view.php?id=551>.

## 8 Методи навчання

Поєднання (різною мірою) пасивного, активного і інтерактивного методів, включно з online технологією в zoom та за посиланням <https://moodle.zp.edu.ua/course/view.php?id=551> на лекційних і лабораторних заняттях, на консультаціях з курсової роботи.

## 9 Очікувані результати навчання з дисципліни

- Вміння аналізувати, аргументувати, приймати рішення при розв’язанні спеціалізованих задач та практичних проблем телекомунікацій та радіотехніки, які характеризуються комплексністю та неповною визначеністю умов;
- вміння застосовувати результати особистого пошуку та аналізу інформації для розв’язання якісних і кількісних задач подібного характеру в інформаційно-комунікаційних мережах і радіотехнічних системах;
- вміння пояснювати результати, отримані в результаті проведення вимірювань, в термінах їх значущості та пов’язувати їх з відповідною теорією;
- мати навички оцінювання, інтерпретації та синтезу інформації і даних;
- вміння адаптуватись в умовах зміни технологій інформаційно-комунікаційних мереж та радіотехнічних систем.

## 10 Засоби оцінювання

Поточний, модульний, семестровий контроль (з урахуванням відвідування, виконання і здачі лабораторних робіт, виконання графіку курсової роботи, тестування при здачі заліку).

## 11 Критерії оцінювання

*Приклад для заліку*

Поточне тестування та самостійна робота		Сума
Змістовий модуль №1	Змістовий модуль №2	

T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	100
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	

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

*Приклад при виконанні курсового проекту (роботи)*

Пояснювальна записка	Ілюстративна частина	Захист роботи	Сума
до 40	до 10	до 50	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	<b>A</b>	відмінно	зараховано
85-89	<b>B</b>	добре	
75-84	<b>C</b>		
70-74	<b>D</b>	задовільно	
60-69	<b>E</b>		
35-59	<b>FX</b>	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
1-34	<b>F</b>	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

## 12 Методичне забезпечення

1. Сигнали та процеси в радіотехніці. Конспект лекцій для студентів спеціальності 172 “Радіотехніка” рівня бакалавр по дисципліні “Сигнали і процеси в радіотехніці” / Укл. Т.І. Бугрова – Запоріжжя, НУ ЗП, 2020. – 59 с.

<https://moodle.zp.edu.ua/course/view.php?id=551>

2. Сигнали та процеси в радіотехніці. Методичні вказівки до виконання курсової роботи для студентів спеціальності 172 “Радіотехніка” рівня бакалавр всіх форм навчання / Укл. Бугрова Т.І. – Запоріжжя: НУ ЗП, 2020. – 28 с.

<https://moodle.zp.edu.ua/course/view.php?id=551>

3. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни „Сигнали та процеси в радіотехніці” для студентів спеціальності 172 «Радіотехніка» рівня бакалавр всіх форм навчання / Укл. Т.І. Бугрова. – Запоріжжя: НУ ЗП, 2020. – 73 с.

<https://moodle.zp.edu.ua/course/view.php?id=551>

4. Сигнали та процеси в радіотехніці. Методичні вказівки до практичних та самостійних робіт для студентів спеціальності 172 “Радіотехніка” рівня бакалавр всіх форм навчання / Запоріжжя: НУ ЗП, 2020. – 73 с.

<https://moodle.zp.edu.ua/course/view.php?id=551>

## 13 Рекомендована література

### Базова

1. Волощук Ю.І. Сигнали та процеси у радіотехніці. Т.1 [Підручник для ВНЗ] [текст] / Ю.І. Волощук. – Харків: Компанія “СМІТ”, 2003. –580 с.
2. Волощук Ю.І. Сигнали та процеси у радіотехніці. Т.2 [Підручник для ВНЗ] [текст] / Ю.І. Волощук. – Харків: Компанія “СМІТ”, 2004. – 444 с.
3. Волощук Ю.І. Сигнали та процеси у радіотехніці. Т.3 [Підручник для ВНЗ] [текст] / Ю.І.Волощук. – Харків: Компанія “СМІТ”, 2005. –564 с.
4. Волощук Ю.І. Сигнали та процеси у радіотехніці. Т.4 [Підручник для ВНЗ] [текст] / Ю.І. Волощук. – Харків: Компанія “СМІТ”, 2006. – 635 с.
5. Основи теорії електронних кіл: Підручник (друге видання: доопрацьоване і доповнене) / Ю.Я. Бобало, Б.А. Мандзій, П.Г. Стахів, Л.Д. Писаренко, Ю.І. Якименко; За ред. проф. Ю.І. Якименка. – Київ: Видавництво Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут”, 2011. – 332 с.

### Допоміжна

1. Теорія електричних кіл та сигналів. Курс лекцій / В.М. Бондаренко, М.П. Трембовецький, П.В. Афанасьєв, Є.В. Іваніченко. – Київ, ДУТ, 2018. – 215 с.

## 14 Інформаційні ресурси

1. Mathcad-математичний процесор для математичного моделювання складних процесів <https://www.mathcad.com/>
2. Electronics Workbench 5.12 – програма-симулятор для моделювання електронних схем <https://soft.sibnet.ru/soft/25729-electronic-workbench-5-12/>