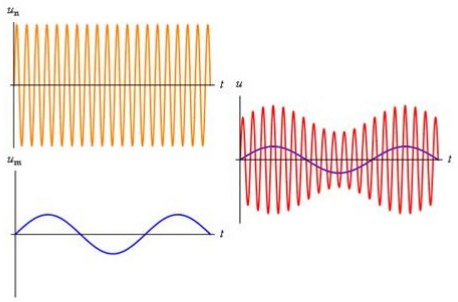
Кафедра радіоінженерії

[RE-112] ОСНОВИ ТЕОРІЇ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ І РАДІОТЕХНІКИ. ЧАСТИНА 2. СИГНАЛИ ТА ПРОЦЕСИ В РАДІОТЕХНІЦІ



Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	-
Спеціальність	
Освітня програма	172Б РТС - Радіотехнічні інформаційні технології (ЄДЕБО id: 6842)172Б РОС - Радіозв’язок і оброблення сигналів (ЄДЕБО id: 6364)172Б РСІ - Радіосистемна інженерія (ЄДЕБО id: 7350)172Б ІТР - Інтелектуальні технології радіоелектронної техніки (ЄДЕБО id: 49229)172Б ІТМР - Інтелектуальні технології мікросистемної радіоелектронної техніки (ЄДЕБО id: 5627)172Б ІКР - Інформаційна та комунікаційна радіоінженерія (ЄДЕБО id: 49228)172Б РКС - Радіотехнічні комп'ютеризовані системи (ЄДЕБО id: 49227)172Б ІТРЕТ+ - Інтелектуальні технології радіоелектронної техніки (ЄДЕБО id: 57907)172Б ІКРІ+ - Інформаційна та комунікаційна радіоінженерія (ЄДЕБО id: 57910)172Б РТКС+ - Радіотехнічні комп'ютеризовані системи (ЄДЕБО id: 57920)G3Мп ЕМСАЕПЕМ - Електромеханічні системи автоматизації, електропривод та електромобільність (ЄДЕБО id: 83582)
Статус дисципліни	Нормативна
Форма здобуття вищої освіти	Очна
Рік підготовки, семестр	1 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	4 кред. (Лекц. 54 год, Практ. 24 год, Лаб. 24 год, СРС. год)
Семестровий контроль/контрольні заходи	Залік
Розклад занять	https://rozklad.kpi.ua
Мова викладання	Українська

Інформація про керівника курсу / викладачів	Лекц.: Павлов О. І., Практ.: Літвінцев С. М., Лаб.: Гусєва О. В.,
Розміщення курсу	http:\\dtsp.kiev.ua

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчання та результати навчання

Дисципліна дисципліни «Основи теорії телекомунікацій і радіотехніки. Частина 2. Сигнали та процеси в радіотехніці» (далі — СПРТ) відноситься до дисциплін циклу загальної підготовки фахівців першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 172 "Телекомунікації та радіотехніка", є обов’язковою (нормативною) і за ОПП "Інформаційна та комунікаційна радіоінженерія" має шифр ЗО 15.2.

Метою навчальної дисципліни СПРТ є формування у студентів компетентностей у галузі аналізу, синтезу і процесів перетворення радіотехнічних сигналів в радіотехнічних системах для ефективного передавання інформації радіо та провідними каналами зв’язку, використання сигналів та процесів їх обробки для радіолокації, радіокерування, телеметрії, радіонавігації, дистанційного зондування тощо.

Після засвоєння навчальної дисципліни студенти мають продемонструвати такі результати навчання:

ЗНАННЯ (результат вивчення явищ і закономірностей об'єктивного світу, такий, який можна логічно або фактично обґрунтувати, і емпірично або практично перевірити):

- призначення та структури сучасних радіотехнічних та телекомунікаційних систем, процесів, які в них відбуваються;
- класифікація радіотехнічних сигналів та їх основні властивості;
- представлення сигналів в часовому та частотному просторах, зв’язок між ними, зображення сигналів за Фур’є та Лапласом;
- зв’язок між представленнями сигналів, їх АКФ та енергетичним спектром;
- опис ЛСС в часовому, частотному та операторному просторах, опис нелінійних та параметричних систем;
- зв’язок між сигналами на вході і виході систем в часовому, частотному та операторному просторах;
- зв’язок між сигналами керування та радіосигналами, модуляція та демодуляція сигналів;
- моделі вузкосмугових сигналів, аналітичний сигнал, комплексна обвідна, квадратурні складові та квадратурна обробка сигналів, аналіз проходження сигналів через радіотехнічні кола,
- методики модельного дослідження характеристик сигналів та функціональних елементів радіоелектронних пристроїв.

НАВИКИ (здатність до діяльності, "навченість виконувати дії", сформована шляхом повторення дії і доведення її до автоматизму):

- обчислення спектрів та зображень простих детермінованих сигналів;
- обчислення кореляційної функції та енергетичного спектру простих детермінованих сигналів;
- обчислення сигналів та їх спектрів на виході лінійних та нелінійних кіл часовими, спектральними та спрощеними методами;
- аналіз схем, призначених для нелінійного підсилення сигналів, модуляції, перенесення спектрів, помноження частоти коливань;
- комп’ютерного моделювання інформаційних та радіосигналів та розрахунку їх основних параметрів.

УМІННЯ (опанований спосіб виконання дії, який забезпечується сукупністю придбаних знань та навичок**,** і який створює можливість виконання дії не тільки в звичних умовах, але і в таких, що змінилися):

- обчислення спектрів та зображень складних сигналів шляхом зведення їх до сукупності відомих випадків;
- застосування опанованих методів та розрахунків для оцінки змін властивостей сигналів під час їх перетворення радіоелектронними пристроями;
- аналіз і оцінка результатів модельного дослідження характеристик основних сигналів для створення пристроїв із заданими параметрами.

Після засвоєння навчальної дисципліни студенти мають продемонструвати програмні компетентності (коло питань, в яких наявна добра обізнаність) та результати навчання за освітньо-професійною програмою «*Інформаційна та комунікаційна радіоінженерія*» (див.насайті https://osvita.kpi.ua/op), в тому числі, але не виключно (за ОПП, введеною в дію з 2022/2023 навч. року наказом ректора КПІ ім. Ігоря Сікорського від 15.02. 2022 р. № МОМ/75/2022):

Загальні компетентності

ЗК 1 — Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (спектральне та багатовимірне представлення сигналів в різних базисах, подання скінчених сигналів нескінченими функціями, застосування теорії функцій комплексних змінних, моделювання процесів та систем тощо — фактична обізнаність за суттю питань, що вивчаються та підходів, які застосовуються).

ЗК 2 — Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (обізнаність, нормативна за розділом 5 ОПП).

ЗК 4 — Здатність розуміти предметну область та професійну діяльність (обізнаність щодо призначення та структури сучасних радіотехнічних та телекомунікаційних систем, процесів, які в них відбуваються тощо — фактична та нормативна за розділом 5 ОПП обізнаність).

ЗК 7 — Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями (обізнаність, нормативна за розділом 5 ОПП).

ЗК 8 — Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми (обізнаність, нормативна за розділом 5 ОПП).

Фахові компетентності

ФК 3 — Здатність використовувати базові методи, способи та засоби отримання, передавання, обробки та зберігання інформації (фактична та нормативна за розділом 5 ОПП обізнаність).

ФК 4 — Здатність здійснювати комп'ютерне моделювання пристроїв, систем і процесів з використанням універсальних пакетів прикладних програм (фактична обізнаність за суттю питань, що вивчаються та підходів, які застосовуються).

Програмні результати навчання

ПРН 6 — грамотно застосовувати термінологію галузі телекомунікацій та радіотехніки (фактична та нормативна за розділом 5 ОПП обізнаність);

ПРН 7 — описувати принципи та процедури, що використовуються в телекомунікаційних системах, інформаційно-телекомунікаційних мережах та радіотехніці (нормативна за розділом 5 ОПП обізнаність);

ПРН 12 — застосовувати фундаментальні і прикладні науки для аналізу та розробки процесів,

що відбуваються в телекомунікаційних та радіотехнічних системах (фактична обізнаність за суттю питань, що вивчаються та підходів, які застосовуються).

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

2.1. Вивчення навчальної дисципліни СПРТ ґрунтується на компетенціях, набутих під час вивчення наступних навчальних дисциплін: «Вища математика» (теми "Диференціювання та інтегрування функцій", "Функціональні ряди", "Диференціальні рівняння", "Перетворення Фур'є", "Теорія ймовірностей", "Теорія функцій комплексної змінної"), «Фізика» (теми "Електростатика", "Електромагнетизм"), «Матеріали та компоненти радіоелектронної апаратури» чи «Схемотехніка. Частина 1. Електронна компонентна база» (тема "Характеристики електронних та напівпроводникових приладів"), «Схемотехніка. Частина 2. Аналогова схемотехніка» (теми "Елементарні підсилювачі на біполярному та польовому транзисторі", "Робота транзистора в нелінійному режимі"), «Основи теорії кіл» (теми "Коливальні контури", "Зв’язані контури", "Схемні функції").

2.2. Компетенції, набуті під час вивчення СПРТ, використовуються під час вивчення всіх без винятку подальших дисциплін спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка", а також під час виконання дипломного проектування.

3. Зміст навчальної дисципліни

Вступ. Телекомунікація і радіотехніка [1, стор. 5—9, 15—17; 2, стор. 5—13, 21—24, 282—300]

- Мета і завдання дисципліни СПРТ. Програма дисципліни.
- Телекомунікація і радіотехніка.
- Предмет і області застосування радіотехніки і радіотехнічних методів.
- Діапазони частот, які застосовуються в радіотехніці.
- Сигнали і системи, та їх роль в процесі передавання інформації. Класифікація радіотехнічних кіл.
- Структурні схеми основних функціональних складових типової системи (каналу) радіозв’язку (передавача та приймачів прямого підсилення та супергетеродинного).
- Основні (типові) радіотехнічні процеси перетворення сигналів на прикладі каналу радіозв’язку.
- Проблеми завадостійкості та електромагнітної сумісності радіотехнічних систем.

Розділ 01. Класифікація та моделі сигналів та систем [1, §1.1—§1.4, стор. 9—50].

Тема 01.1. Класифікація та математичні моделі сигналів та процесів [1, §1.1, стор. 11—21].

- Класифікація сигналів залежно від області визначення та області набутих значень: неперервні, дискретні і цифрові сигнали [1, §1.1, стор. 12—13].
- Періодичні та неперіодичні (аперіодичні) сигнали [1, §1.1, стор. 13—14].
- Комплексні сигнали та спектри [1, §1.1, стор. 14—17].
- Енергія та потужність сигналів. Сигнали енергії і сигнали потужності [1, §1.1, стор. 17—20].
- Ортогональність сигналів за енергією та потужністю [1, §1.1, стор. 20—21].

Тема 01.2. Сингулярні функції та їх використання при моделюванні детермінованих сигналів [1, стор. 21—27].

- Одинична функція (функція Хевісайда, функція включення, функція одиничного стрибка) [1, §1.2, стор. 21—24].
- Знакова функція [1, §1.2, стор. 24—24].
- Дельта-функція (функція Дірака, одинична імпульсна функція) [1, §1.2, стор. 24—27].

Тема 01.3*. Простір сигналів [1, §1.3, стор. 27—39].

- Множини сигналів [1, §1.3, стор. 28—30].
- Метричні простори [1, §1.3, стор. 30—33].
- Лінійні простори [1, §1.3, стор. 33—34].
- Нормовані лінійні простори [1, §1.3, стор. 34—35].
- Простори зі скалярним добутком [1, §1.3, стор. 35—39].

Тема 01.4. Класифікація та математичні моделі радіотехнічних кіл та систем [1, §1.4, стор. 39—45].

- Опис за допомогою диференційних рівнянь [1, §1.4, стор. 40—41].
- Опис за допомогою інтегральних виразів [1, §1.4, стор. 41—42].
- Неперервні та дискретні кола та системи [1, §1.4, стор. 42—42].
- Системи з постійними та змінюваними у часі параметрами [1, §1.4, стор. 42—42].
- Каузальні та некаузальні системи та кола [1, §1.4, стор. 42—43].
- Інерційні та безінерційні системи та кола [1, §1.4, стор. 43—43].
- Лінійні та нелінійні системи та кола [1, §1.4, стор. 43—45].

Розділ 02. Теоретичні основи узагальненого спектрального аналізу сигналів [1, §2.1—§2.4, стор. 52—99].

Тема 02.1. Подання довільного сигналу у вигляді суми елементарних коливань. Узагальнений ряд Фур’є [1, §2.1, стор. 54—65].

- Базисні системи функцій та їх властивості [1, §2.1, стор. 55—56].
- Узагальнений ряд Фур’є [1, §2.1, стор. 56—58].
- Нерівність Бесселя, рівність Парсеваля [1, §2.1, стор. 58—61].
- Властивості рядів Фур’є [1, §2.1, стор. 61—65].

Тема 02.2*. Ортогоналізація систем лінійно незалежних функцій. Процедура Грама-Шмідта [1, §2.2, стор. 65—72].

Тема 02.3*. Деякі класичні ортогональні системи функцій у просторі L^2 (у просторі зі скалярним добутком) [1, §2.3, стор. 72—89].

- Поліноми Лежандра першого роду [1, §2.3, стор. 72—75].
- Поліноми Чебишева першого роду [1, §2.3, стор. 75—79].
- Система функцій Хаара [1, §2.3, стор. 79—82].
- Система функцій Уолша [1, §2.3, стор. 82—85].
- Система поліномів і функцій Лагерра [1, §2.3, стор. 85—89].

Тема 02.4*. Подання сигналів у векторному просторі [1, §2.4, стор. 89—95].

Розділ 03. Спектри детермінованих сигналів та їх властивості [1, §3.1—§3.4, стор. 102—187].

Тема 03.1. Гармонічний аналіз періодичних сигналів [1, §3.1, стор. 103—125].

- Поняття гармоніки періодичного сигналу [1, §3.1, стор. 103—104].
- Три форми запису ряду Фур’є періодичних сигналів [1, §3.1, стор. 104—115].
- Зв’язок коефіцієнтів рядів Фур’є, записаних у косинусній та комплексно-експоненційній формах [1, §3.1, стор. 115—115].
- Особливості спектрів періодичних сигналів [1, §3.1, стор. 115—125].

Тема 03.2. Спектральний аналіз неперіодичних сигналів [1, §3.2, стор. 125—138].

- Перетворення Фур’є [1, §3.2, стор. 125—131].

- Спектральна густина енергії, енергетичний спектр неперіодичного сигналу [1, §3.2, стор. 131—138].

Тема 03.3. Властивості перетворення Фур’є. Теореми про спектри [1, §3.3, стор. 138—162].

- Теорема лінійності (суперпозиції) [1, §3.3, стор. 138—140].
- Теорема переміщення сигналу в часі (запізнювання сигналу) [1, §3.3, стор. 140—142].
- Теорема зміни масштабу часу [1, §3.3, стор. 142—143].
- Теорема інверсії часу [1, §3.3, стор. 143—145].
- Теорема дуальності [1, §3.3, стор. 145—146].
- Теорема переміщення спектра за частотою [1, §3.3, стор. 146—146].
- Теорема модуляції [1, §3.3, стор. 146—148].
- Теорема диференціювання у часовій області [1, §3.3, стор. 148—148].
- Теорема диференціювання у частотній області [1, §3.3, стор. 148—149].
- Теорема множення сигналу на t [1, §3.3, стор. 149—152].
- Теорема інтегрування у часовій області [1, §3.3, стор. 152—154].
- Теорема спряженості [1, §3.3, стор. 154—155].
- Теорема згортки [1, §3.3, стор. 155—161].
- Теорема множення у часовій області [1, §3.3, стор. 161—162].

Тема 03.4. Граничний перехід у перетвореній Фур’є. Спектри сигналів, що не задовольняють умовам застосовності перетворення Фур’є [1, §3.4, стор. 162—179].

- Спектр дельта-функції, періодичної послідовності дельта-функцій і сталої величини [1, §3.4, стор. 163—166].
- Спектр знакової функції і функції включення [1, §3.4, стор. 166—172].
- Спектральна густина періодичного сигналу [1, §3.4, стор. 172—176].
- Закономірність зменшення амплітудного спектра зі збільшенням частоти [1, §3.4, стор. 176—179].

Розділ 04. Спектральна густина енергії та спектральна густина середньої потужності. Кореляція [1, §4.1—§4.3, стор. 189—233].

Тема 04.1. Спектральна густина енергії і кореляційна функція сигналів зі скінченою енергією [1, §4.1, стор. 190—213].

- Спектральна густина енергії [1, §4.1, стор. 190—192].
- Властивості спектральної густини енергії [1, §4.1, стор. 192—195].
- Активна ширина спектра сигналу [1, §4.1, стор. 195—206].
- Автокореляційна функція (АКФ) сигналів енергії та її властивості [1, §4.1, стор. 206—211].
- Взаємна кореляційна функція (ВКФ) сигналів енергії та її властивості [1, §4.1, стор. 211—213].

Тема 04.2. Спектральна густина середньої потужності і кореляційна функція сигналів зі скінченою середньою потужністю і нескінченою енергію [1, §4.2, стор. 213—220].

- Спектральна густина середньої потужності [1, §4.2, стор. 213—216].
- Властивості спектральної густини середньої потужності [1, §4.2, стор. 216—217].
- АКФ сигналів зі скінченою середньою потужністю та її властивості [1, §4.2, стор. 217—219].
- ВКФ сигналів потужності [1, §4.2, стор. 219—220].

Тема 04.3. Спектральна густина середньої потужності і кореляційна функція періодичних сигналів [1, §4.3, стор. 220—228].

Розділ 05. Дискретні і цифрові сигнали та методи їх аналізу [1, §5.1—§5.3, стор. 234]. Перетворення Лапласа [3, стор. 50, 51, 55—59, 496—498; 4, стор. 61—65; 5, стор. 56—86].

Сигнали і процеси ДЧ, їх представлення та аналіз: Дискретизація та квантування. ПФДЧ, РФДЧ, ДПФ та Z-перетворення для ДЧ

Тема 05.1. Дискретизація та квантування неперервних сигналів [1, §5.1, стор. 236—255].

- Теорема відліків для сигналів з обмеженим спектром у часовій області. Спектр відлікового сигналу [1, §5.1, стор. 236—241].
- Відновлення неперервного сигналу з відлікового (дискретного) сигналу [1, §5.1, стор. 241—248].
- Теорема відліків у частотній області [1, §5.1, стор. 248—250].
- Аналого-цифрове перетворення сигналів [1, §5.1, стор. 250—255].

Тема 05.2. Перетворення Фур’є дискретного часу (ПФДЧ), ряд Фур’є дискретного часу (РФДЧ) та дискретне перетворення Фур’є (ДПФ) [1, §5.2, стор. 255—266; 2, стор. 255—266].

- Пряме та обернене дискретне перетворення Фур’є [1, §5.2, стор. 255—258].
- ДПФ і ряди Фур’є. Похибки, що виникають при використанні ДПФ [1, §5.2, стор. 258—266].

Тема 05.3. Математичний апарат аналізу дискретних сигналів та систем. z—перетворення [1, §5.3, стор. 266—288].

- Пряме z-перетворення [1, §5.3, стор. 266—272].
- Властивості z-перетворення. Теореми про z—перетворення [1, §5.3, стор. 272—277].
- Обернене z-перетворення [1, §5.3, стор. 277—288].

Перетворення Лапласа: Подання сигналів на площині комплексної частоти. Перетворення Лапласа та його властивості. Операторний метод

Тема 05.4. Подання сигналів на площині комплексної частоти. Перетворення Лапласа та його властивості [3, стор. 50, 51, 55—59, 496—498; 4, стор. 61—65; 5, стор. 56—77].

Розділ 06. Вузькосмугові сигнали (ВС) [1, §6.1—§6.5, стор. 297—327].

Тема 06.1. Обвідна та миттєва частота вузькосмугового сигналу [1, §6.1, стор. 298—305].

- Перетворення Гільберта та його властивості [1, §6.1, стор. 302—305].

Тема 06.2. Аналітичний сигнал [1, §6.2, стор. 305—308].

- Комплексна обвідна вузькосмугового сигналу [1, §6.2, стор. 306—308].

Тема 06.3. Подання вузькосмугового сигналу s(t) за допомогою аналітичного сигналу z(t) [1, §6.3, стор. 308—317].

Тема 06.4. Дискретизація вузькосмугових сигналів [1, §6.4, стор. 317—322].

Тема 06.5. АКФ вузькосмугових сигналів [1, §6.5, стор. 322—327].

Розділ 07. Сигнали з амплітудною модуляцією (АМ) [1, §7.1—§7.8, стор. 334—389].

Тема 07.1. Тональна АМ. Подання сигналів у часовій та частотній областях. Векторні діаграми [1, §7.1, стор. 336—345].

Тема 07.2. Енергетичні характеристики коливань з АМ [1, §7.2, стор. 345—349].

Тема 07.3. Коливання з АМ довільним сигналом [1, §7.3, стор. 349—357].

- Квадратичний модулятор [1, §7.3, стор. 357—358].
- Квадратичний детектор [1, §7.3, стор. 358—359].

Тема 07.4*. Балансна (двосмугова) модуляція з придушенням носійного коливання [1, §7.4, стор. 359—361].

- Балансний модулятор [1, §7.4, стор. 361—361].
- Синхронне (когерентне) детектування коливань із двосмуговою модуляцією [1, §7.4, стор. 361—367].

Тема 07.5*. Квадратурна амплітудна модуляція [1, §7.5, стор. 367—369].

Тема 07.6*. Односмугова модуляція (ОМ) [1, §7.6, стор. 369—370].

- Опис сигналів з ОМ в частотній області [1, §7.6, стор. 370—372].
- Опис сигналів з односмуговою модуляцією в часовій області [1, §7.6, стор. 372—379].
- Метод генерування сигналів з односмуговою АМ, оснований на фазовій дискримінації [1, §7.6, стор. 379—379].
- Демодуляція коливань з односмуговою АМ [1, §7.6, стор. 379—381].

Тема 07.7*. Односмугова АМ з неповним (частковим) придушенням бічної смуги — Vestigial sideband modulation (VSB) [1, §7.7, стор. 381—382].

- Опис сигналів з VSB модуляцією в частотній області [1, §7.7, стор. 382].
- Генерування сигналів із VSB модуляцією [1, §7.7, стор. 382—386].

Тема 07.8*. Порівняльний аналіз сигналів і систем з амплітудною модуляцією [1, §7.8, стор. 386—389].

Розділ 08. Сигнали з кутовою модуляцією (КМ) [1, §8.1—§8.8, стор. 395—481].

Тема 08.1. Кутова модуляція: базова концепція [1, §8.1, стор. 396—400].

Тема 08.2. Подання сигналів з тональною кутовою модуляцією у часовій області [1, §8.2, стор. 400—404].

Тема 08.3. Спектри сигналів з тональною кутовою модуляцією [1, §8.3, стор. 404—423].

Тема 08.4*. Генерування і детектування сигналів з кутовою модуляцією [1, §8.4, стор. 423—431].

Тема 08.5*. Кутова модуляція при негармонічному модулюючому сигналі [1, §8.5, стор. 431—437].

Тема 08.6. Радіоімпульси з лінійною частотною модуляцією (ЛЧМ) [1, §8.6, стор. 437—452].

- Радіоімпульс з ЛЧМ, його характеристики і властивості [1, §8.6, стор. 437—439].
- Спектр радіоімпульсу з лінійною частотною модуляцією [1, §8.6, стор. 439—448].
- АКФ радіоімпульсу з ЛЧМ [1, §8.6, стор. 448—452].

Тема 08.7. Радіосигнали з фазовою маніпуляцією (ФМН) [1, §8.7, стор. 452—475].

- АКФ радіоімпульсів з фазовою маніпуляцією [1, §8.7, стор. 454—455].
- АКФ ФМн сигналів Баркера [1, §8.7, стор. 455—457].
- Спектри ФМн сигналів Баркера [1, §8.7, стор. 457—561].
- Генерування ФМн сигналів Баркера [1, §8.7, стор. 461—461].
- Двійкова псевдовипадкова послідовність [1, §8.7, стор. 461—465].
- Сигнали з фазовою маніпуляцією двійковими псевдовипадковими послідовностями [1, §8.7, стор. 465—466].

- АКФ сигналів, маніпульованих М—послідовностями [1, §8.7, стор. 466—470].
- Спектри сигналів, маніпульованих М—послідовностями [1, §8.7, стор. 470—475].

Розділ 09 (§22). Перетворення сигналів у нелінійних радіотехнічних колах (системах) [3, §22.1—§22.6, стор. 281—361].

Тема 09.1. Властивості нелінійних систем [3, §22.1, стор. 282—285].

Тема 09.2. Нелінійні елементи електричних кіл і їхні характеристики [3, §22.2, стор. 285—292].

Тема 09.3. Апроксимація характеристик нелінійних елементів [3, §22.3, стор. 292—307].

Тема 09.4. Перетворення спектрального складу струму в безінерційному нелінійному резистивному елементі[3, §22.4, стор. 307—330].

Тема 09.5. Методи спектрального аналізу коливань у колах з безінерційними нелінійними елементами [3, §22.5, 330—362].

Тема 09.6. Основні види функційних перетворень сигналів у нелінійних системах [3, §22.6, 362—377].

Розділ 10 (§23). Системи зі зворотним зв'язком [3, §23.1—§23.6, стор. 434—474].

Тема 10.1. Частотна передавальна функція лінійної системи зі зворотним зв'язком [3, §23.1, стор. 434—451].

Тема 10.2. Стійкість систем зі зворотними зв'язками [3, §23.2, стор. 451—474].

Розділ 11 (§24). Генерування синусоїдних (гармонічних) коливань. Автоколивальні системи [4, §24.1—§24.8, стор. 3—170], [2, §9.1-§9.11, стор. 270-299], [3, §14.4-§14.5, стор. 364-382].

Тема 11.1. Коротка характеристика методів аналізу нелінійних автоколивальних систем [4, §24.1, стор. 5—8]; [2, §9.1, стор. 270—273].

Тема 11.2. Виникнення коливань в автогенераторі [4, §24.2, стор. 8—25]; [2, §9.2, стор. 273—276].

Тема 11.3. Стаціонарний режим автогенератора [4, §24.3, стор. 25—34]; [2, §9.3, стор. 276—279].

Тема 11.4. М’який і жорсткий режими роботи генераторів [4, §24.4, стор. 34—54]; [2, §9.4, стор. 279—280].

Тема 11.5. Вплив вищих гармонік на частоту й амплітуду коливань генератора. Стабільність частоти коливань на виході генератора [4, §24.5, стор. 54—69].

Тема 11.6. Перехідний режим генератора синусоїдних коливань. Метод повільно змінюваних амплітуд [4, §24.6, стор. 69—96].

Тема 11.7. Метод фазової площини [4, §24.7, стор.965—127]; [2, §9.7, стор. 285—289].

Тема 11.8. Деякі схеми автогенераторів синусоїдних коливань [4, §24.8, стор. 127—159]; [2, §9.5, стор. 280—282].

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова рекомендована література:

Основна

1. Волощук Ю.І. Сигнали та процеси в радіотехніці (ч.1),
2. Волощук Ю.І. Сигнали та процеси в радіотехніці (ч.2),
3. Волощук Ю.І. Сигнали та процеси в радіотехніці (ч.3),
4. Волощук Ю.І. Сигнали та процеси в радіотехніці (ч.4),

Додаткова

1. Баскаков С.И. (1983) Радиотехнические цепи и сигналы,
2. Баскаков С.И. (1988) Радиотехнические цепи и сигналы,
3. Баскаков С.И. (2000) Радиотехнические цепи и сигналы,
4. Баскаков С.И. (2002) РТЦиС. Руководство к решению задач,
5. Гоноровский И.С. (1977) Радиотехнические цепи и сигналы,
6. Гоноровский И.С. (1986) Радиотехнические цепи и сигналы,
7. Гоноровский И.С. (1989) РТЦиС. Примеры и задачи,
8. Васильев Д.В. (1982) Радиотехнические цепи и сигналы,
9. Сиберт У.М. (1988) Цепи, сигналы, системы. В 2-х ч. Ч.1,
10. Сиберт У.М. (1988) Цепи, сигналы, системы. В 2-х ч. Ч.2,
11. Скляр Б. (2003) Цифровая связь. Глава 1. Сигналы и спектры,
12. Дженкинс Г. Ватс Д. (1971) 1. Спектральный анализ и его приложения,
13. Дженкинс Г. Ватс Д. (1972) 2. Спектральный анализ и его приложения,
14. За ред. Мазора Ю. Л. та ін. Радіотехніка. Енциклопедичний навчальний довідник. — К.: Вища школа, 1999

До другої частини дисципліни

1. Данилов Л.В., Матханов П.Н., Филиппов Е. С. (1990) Теория нелинейных электрических цепей,
2. Андреев В. С. Теория нелинейных электрических цепей. — М.: Связь,1972.
3. Андреев В. С. Теория нелинейных электрических цепей. — М.: Радио и связь, 1982.
4. Кушнир В. Ф., Ферсман Б. А. Теория нелинейных электрических цепей. — М.: Связь, 1974.

Примітка щодо основної літератури до другої частини дисципліни

1. Волощук Ю.І. Сигнали та процеси в радіотехніці (ч.3), (Розділи: §22. Перетворення сигналів у нелінійних радіотехнічних колах (системах), стор. 281-361; §23. Системи зі зворотним зв'язком, стор. 433-474).
2. Волощук Ю.І. Сигнали та процеси в радіотехніці (ч.4), (§23. Генерування синусоїдних (гармонічних) коливань. Автоколивальні системи, стор. 3-170).

Посібники та методичні вказівки

1. Моделювання сигналів і процесів в радіотехніці в середовищах MathCAD та Multisim. Частина І. [Електронний ресурс]: навч.посіб.для студентів спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» / Уклад.: О.В.Гусєва, О.І.Павлов; КПІ ім. Ігоря Сікорського. — https://drive.google.com/file/d/1dHixDBS0UNpgukc3Lrnxe5KuBmEHwdxj/view?usp=sharing
2. Моделювання сигналів і процесів в радіотехніці в середовищах MathCAD та Multisim. Частина 2. [Електронний ресурс]: навч.посіб.для студентів спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» / Уклад.: О.В.Гусєва, О.І.Павлов; КПІ ім. Ігоря Сікорського. — Електронні текстові дані (1 файл 3.173 Мбайт). — Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. — 109 с. — https://drive.google.com/file/d/19IsfgO4dEm2i9C7bvV2PiGwgZmZPqV2k/view?usp=sharing
3. Моделювання сигналів і процесів в радіотехніці в середовищах MathCAD та Electronics Workbench. Частина І [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студентів спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» / Уклад.: О. В. Гусєва, О. І. Павлов; КПІ ім. Ігоря Сікорського. — Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. — 128 с. — https://ela.kpi.ua/handle/123456789/43832

4. Кольченко О. Ф., Косинский В. С., Новоборский Ю. Л., Рыбин А. И. Методические указания к организации самостоятельной работы студентов по дисциплине «Радиотехнические цепи и сигналы». — К.: КПИ, 1988 г.
5. Кольченко О. Ф., Косинский В.С, Новоборский Ю. Л, Рыбин А. И. Методические указания к организации самостоятельной работы студентов по дисциплине «Радиотехнические цепи и сигналы» Часть 2. — К.: КПИ, 1990 г.
6. Кольченко О. Ф., Медведев Б. А., Новоборский Ю. Л. Методические указания к курсовому проектированию по дисциплине «Радиотехнические цепи и сигналы». — К.: КПИ, 1984 г.
7. Методичні вказівки до виконання практичних задач на тему «Елементи спектрального аналізу» / Укладачі А.В.Булашенко, М.І.Ястребов. – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – 82с.
8. Основи теорії телекомунікацій і радіотехніки. Частини I, II. Методичні вказівки до лабораторних робіт для студентів радіотехнічного факультету всіх форм навчання за спеціальністю 172 «Телекомунікації і радіотехніка» / В. П. Гололобов, С. М. Літвінцев. — К. : НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2017. — 72 с. — Видання 3-е, виправлене та доповнене

Інформаційні ресурси

1. Сервер СДН кафедри ТОР з дисципліни СПРТ за адресою dtsp.kiev.ua (електронні версії літератури, методичні вказівки, завдання, рейтинг).

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

№	*Назва теми лекції та перелік основних питань*
1	**Вступ. Телекомунікація і радіотехніка [1, стор. 5—9, 15—17; 2, стор. 5—13, 21—24, 282—300]** • Мета і завдання дисципліни СПРТ. Програма дисципліни. • Телекомунікація і радіотехніка. • Предмет і області застосування радіотехніки і радіотехнічних методів. • Діапазони частот, які застосовуються в радіотехніці. • Сигнали і системи, та їх роль в процесі передавання інформації. Класифікація радіотехнічних кіл. • Структурні схеми основних функціональних складових типової системи (каналу) радіозв’язку (передавача та приймачів прямого підсилення та супергетеродинного). • Основні (типові) радіотехнічні процеси перетворення сигналів на прикладі каналу радіозв’язку. • Проблеми завадостійкості та електромагнітної сумісності радіотехнічних систем. • Шуми і завади в радіоелектронних системах. Джерела шумів та завад. Основні види та властивості шумів у РЕС. Основні види та властивості завад.

2	**Розділ 01. Класифікація та моделі сигналів та систем [1, §1.1—§1.4, стор. 9—50].** Тема 01.1. Класифікація та математичні моделі сигналів та процесів [1, §1.1, стор. 11—21]. • Класифікація сигналів залежно від області визначення та області набутих значень: неперервні, дискретні і цифрові сигнали [1, §1.1, стор. 12—13]. • Періодичні та неперіодичні (аперіодичні) сигнали [1, §1.1, стор. 13—14]. • Комплексні сигнали та спектри [1, §1.1, стор. 14—17]. • Енергія та потужність сигналів. Сигнали енергії і сигнали потужності [1, §1.1, стор. 17—20]. • Ортогональність сигналів за енергією та потужністю [1, §1.1, стор. 20—21]. Тема 01.2. Сингулярні функції та їх використання при моделюванні детермінованих сигналів [1, стор. 21—27]. • Одинична функція (функція Хевісайда, функція включення, функція одиничного стрибка) [1, §1.2, стор. 21—24]. • Знакова функція [1, §1.2, стор. 24—24]. • Дельта-функція (функція Дірака, одинична імпульсна функція) [1, §1.2, стор. 24—27]. Тема 01.3*. Простір сигналів [1, §1.3, стор. 27—39]. • Множини сигналів [1, §1.3, стор. 28—30]. • Метричні простори [1, §1.3, стор. 30—33]. • Лінійні простори [1, §1.3, стор. 33—34]. • Нормовані лінійні простори [1, §1.3, стор. 34—35]. • Простори зі скалярним добутком [1, §1.3, стор. 35—39]. Тема 01.4. Класифікація та математичні моделі радіотехнічних кіл та систем [1, §1.4, стор. 39—45]. • Опис за допомогою диференційних рівнянь [1, §1.4, стор. 40—41]. • Опис за допомогою інтегральних виразів [1, §1.4, стор. 41—42]. • Неперервні та дискретні кола та системи [1, §1.4, стор. 42—42]. • Системи з постійними та змінюваними у часі параметрами [1, §1.4, стор. 42—42]. • Каузальні та некаузальні системи та кола [1, §1.4, стор. 42—43]. • Інерційні та безінерційні системи та кола [1, §1.4, стор. 43—43]. • Лінійні та нелінійні системи та кола [1, §1.4, стор. 43—45].
3	**Розділ 02. Теоретичні основи узагальненого спектрального аналізу сигналів [1, §2.1—§2.4, стор. 52—99].** Тема 02.1. Подання довільного сигналу у вигляді суми елементарних коливань. Узагальнений ряд Фур'є [1, §2.1, стор. 54—65]. • Базисні системи функцій та їх властивості [1, §2.1, стор. 55—56]. • Узагальнений ряд Фур'є [1, §2.1, стор. 56—58]. • Нерівність Бесселя, рівність Парсеваля [1, §2.1, стор. 58—61]. • Властивості рядів Фур'є [1, §2.1, стор. 61—65]. Тема 02.2*. Ортогоналізація систем лінійно незалежних функцій. Процедура Грама-Шмідта [1, §2.2, стор. 65—72]. Тема 02.3*. Деякі класичні ортогональні системи функцій у просторі L^2 (у просторі зі скалярним добутком) [1, §2.3, стор. 72—89]. • Поліноми Лежандра першого роду [1, §2.3, стор. 72—75]. • Поліноми Чебишева першого роду [1, §2.3, стор. 75—79]. • Система функцій Хаара [1, §2.3, стор. 79—82]. • Система функцій Уолша [1, §2.3, стор. 82—85]. • Система поліномів і функцій Лагерра [1, §2.3, стор. 85—89]. Тема 02.4*. Подання сигналів у векторному просторі [1, §2.4, стор. 89—95].
4	**Розділ 03. Спектри детермінованих сигналів та їх властивості [1, §3.1—§3.4, стор. 102—187].** Тема 03.1. Гармонічний аналіз періодичних сигналів [1, §3.1, стор. 103—125]. • Поняття гармоніки періодичного сигналу [1, §3.1, стор. 103—104]. • Три форми запису ряду Фур'є періодичних сигналів [1, §3.1, стор. 104—115]. • Зв'язок коефіцієнтів рядів Фур'є, записаних у косинусній та комплексно-експоненційній формах [1, §3.1, стор. 115—115]. • Особливості спектрів періодичних сигналів [1, §3.1, стор. 115—125]. Тема 03.2. Спектральний аналіз неперіодичних сигналів [1, §3.2, стор. 125—138]. • Перетворення Фур'є [1, §3.2, стор. 125—131]. • Спектральна густина енергії, енергетичний спектр неперіодичного сигналу [1, §3.2, стор. 131—138].

5	**Розділ 03. Спектри детермінованих сигналів та їх властивості [1, §3.1—§3.4, стор. 102—187].** Тема 03.3. Властивості перетворення Фур’є. Теореми про спектри [1, §3.3, стор. 138—162]. • Теорема лінійності (суперпозиції) [1, §3.3, стор. 138—140]. • Теорема переміщення сигналу в часі (запізнювання сигналу) [1, §3.3, стор. 140—142]. • Теорема зміни масштабу часу [1, §3.3, стор. 142—143]. • Теорема інверсії часу [1, §3.3, стор. 143—145]. • Теорема дуальності [1, §3.3, стор. 145—146]. • Теорема переміщення спектра за частотою [1, §3.3, стор. 146—146]. • Теорема модуляції [1, §3.3, стор. 146—148]. • Теорема диференціювання у часовій області [1, §3.3, стор. 148—148]. • Теорема диференціювання у частотній області [1, §3.3, стор. 148—149]. • Теорема множення сигналу на t [1, §3.3, стор. 149—152]. • Теорема інтегрування у часовій області [1, §3.3, стор. 152—154]. • Теорема спряженості [1, §3.3, стор. 154—155]. • Теорема згортки [1, §3.3, стор. 155—161]. • Теорема множення у часовій області [1, §3.3, стор. 161—162]. Тема 03.4. Граничний перехід у перетворенні Фур’є. Спектри сигналів, що не задовольняють умовам застосовності перетворення Фур’є [1, §3.4, стор. 162—179]. • Спектр дельта-функції, періодичної послідовності дельта-функцій і сталої величини [1, §3.4, стор. 163—166]. • Спектр знакової функції і функції включення [1, §3.4, стор. 166—172]. • Спектральна густина періодичного сигналу [1, §3.4, стор. 172—176]. • Закономірність зменшення амплітудного спектра зі збільшенням частоти [1, §3.4, стор. 176—179].
6	**Розділ 04. Спектральна густина енергії та спектральна густина середньої потужності. Кореляція [1, §4.1—§4.3, стор. 189—233].** Тема 04.1. Спектральна густина енергії і кореляційна функція сигналів зі скінченою енергією [1, §4.1, стор. 190—213]. • Спектральна густина енергії [1, §4.1, стор. 190—192]. • Властивості спектральної густини енергії [1, §4.1, стор. 192—195]. • Активна ширина спектра сигналу [1, §4.1, стор. 195—206]. • Автокореляційна функція (АКФ) сигналів енергії та її властивості [1, §4.1, стор. 206—211]. • Взаємна кореляційна функція (ВКФ) сигналів енергії та її властивості [1, §4.1, стор. 211—213].
7	**Розділ 04. Спектральна густина енергії та спектральна густина середньої потужності. Кореляція [1, §4.1—§4.3, стор. 189—233].** Тема 04.2. Спектральна густина середньої потужності і кореляційна функція сигналів зі скінченою середньою потужністю і нескінченою енергію [1, §4.2, стор. 213—220]. • Спектральна густина середньої потужності [1, §4.2, стор. 213—216]. • Властивості спектральної густини середньої потужності [1, §4.2, стор. 216—217]. • АКФ сигналів зі скінченою середньою потужністю та її властивості [1, §4.2, стор. 217—219]. • ВКФ сигналів потужності [1, §4.2, стор. 219—220]. Тема 04.3. Спектральна густина середньої потужності і кореляційна функція періодичних сигналів [1, §4.3, стор. 220—228].

8	**Розділ 05. Дискретні і цифрові сигнали та методи їх аналізу [1, §5.1—§5.3, стор. 234]. Перетворення Лапласа [3, стор. 50, 51, 55—59, 496—498; 4, стор. 61—65; 5, стор. 56—86].** ***Сигнали і процеси ДЧ, їх представлення та аналіз: Дискретизація та квантування. ПФДЧ, РФДЧ, ДПФ та Z-перетворення для ДЧ*** Тема 05.1. Дискретизація та квантування неперервних сигналів [1, §5.1, стор. 236—255]. • Теорема відліків для сигналів з обмеженим спектром у часовій області. Спектр відлікового сигналу [1, §5.1, стор. 236—241]. • Відновлення неперервного сигналу з відлікового (дискретного) сигналу [1, §5.1, стор. 241—248]. • Теорема відліків у частотній області [1, §5.1, стор. 248—250]. • Аналого-цифрове перетворення сигналів [1, §5.1, стор. 250—255]. Тема 05.2. Перетворення Фур'є дискретного часу (ПФДЧ), ряд Фур'є дискретного часу (РФДЧ) та дискретне перетворення Фур'є (ДПФ) [1, §5.2, стор. 255—266; 2, стор. 255—266]. • Пряме та обернене дискретне перетворення Фур'є [1, §5.2, стор. 255—258]. • ДПФ і ряди Фур'є. Похибки, що виникають при використанні ДПФ [1, §5.2, стор. 258—266].
9	**Розділ 05. Дискретні і цифрові сигнали та методи їх аналізу [1, §5.1—§5.3, стор. 234]. Перетворення Лапласа [3, стор. 50, 51, 55—59, 496—498; 4, стор. 61—65; 5, стор. 56—86].** ***Сигнали і процеси ДЧ, їх представлення та аналіз: Дискретизація та квантування. ПФДЧ, РФДЧ, ДПФ та Z-перетворення для ДЧ*** Тема 05.3. Математичний апарат аналізу дискретних сигналів та систем. z—перетворення [1, §5.3, стор. 266—288]. • Пряме z-перетворення [1, §5.3, стор. 266—272]. • Властивості z-перетворення. Теореми про z—перетворення [1, §5.3, стор. 272—277]. • Обернене z-перетворення [1, §5.3, стор. 277—288]. ***Перетворення Лапласа: Подання сигналів на площині комплексної частоти. Перетворення Лапласа та його властивості. Операторний метод*** Тема 05.4. Подання сигналів на площині комплексної частоти. Перетворення Лапласа та його властивості [3, стор. 50, 51, 55—59, 496—498; 4, стор. 61—65; 5, стор. 56—77].
10	**Розділ 06. Вузькосмугові сигнали (ВС) [1, §6.1—§6.5, стор. 297—327].** Тема 06.1. Обвідна та миттєва частота вузькосмугового сигналу [1, §6.1, стор. 298—305]. • Перетворення Гільберта та його властивості [1, §6.1, стор. 302—305]. Тема 06.2. Аналітичний сигнал [1, §6.2, стор. 305—308]. • Комплексна обвідна вузькосмугового сигналу [1, §6.2, стор. 306—308]. Тема 06.3. Подання вузькосмугового сигналу s(t) за допомогою аналітичного сигналу z(t) [1, §6.3, стор. 308—317]. Тема 06.4. Дискретизація вузькосмугових сигналів [1, §6.4, стор. 317—322]. Тема 06.5. АКФ вузькосмугових сигналів [1, §6.5, стор. 322—327].
11	**Розділ 07. Сигнали з амплітудною модуляцією (АМ) [1, §7.1—§7.8, стор. 334—389].** Тема 07.1. Тональна АМ. Подання сигналів у часовій та частотній областях. Векторні діаграми [1, §7.1, стор. 336—345]. Тема 07.2. Енергетичні характеристики коливань з АМ [1, §7.2, стор. 345—349]. Тема 07.3. Коливання з АМ довільним сигналом [1, §7.3, стор. 349—357]. • Квадратичний модулятор [1, §7.3, стор. 357—358]. Квадратичний детектор [1, §7.3, стор. 358—359].

12	**Розділ 07. Сигнали з амплітудною модуляцією (АМ) [1, §7.1—§7.8, стор. 334—389].** Тема 07.4*. Балансна (двосмугова) модуляція з придушенням носійного коливання [1, §7.4, стор. 359—361]. • Балансний модулятор [1, §7.4, стор. 361—361]. • Синхронне (когерентне) детектування коливань із двосмуговою модуляцією [1, §7.4, стор. 361—367]. Тема 07.5*. Квадратурна амплітудна модуляція [1, §7.5, стор. 367—369]. Тема 07.6*. Односмугова модуляція (ОМ) [1, §7.6, стор. 369—370]. • Опис сигналів з ОМ в частотній області [1, §7.6, стор. 370—372]. • Опис сигналів з односмуговою модуляцією в часовій області [1, §7.6, стор. 372—379]. • Метод генерування сигналів з односмуговою АМ, оснований на фазовій дискримінації [1, §7.6, стор. 379—379]. • Демодуляція коливань з односмуговою АМ [1, §7.6, стор. 379—381]. Тема 07.7*. Односмугова АМ з неповним (частковим) придушенням бічної смуги — Vestigial sideband modulation (VSB) [1, §7.7, стор. 381—382]. • Опис сигналів з VSB модуляцією в частотній області [1, §7.7, стор. 382]. • Генерування сигналів із VSB модуляцією [1, §7.7, стор. 382—386]. Тема 07.8*. Порівняльний аналіз сигналів і систем з амплітудною модуляцією [1, §7.8, стор. 386—389].
13	**Розділ 08. Сигнали з кутовою модуляцією (КМ) [1, §8.1—§8.8, стор. 395—481].** Тема 08.1. Кутова модуляція: базова концепція [1, §8.1, стор. 396—400]. Тема 08.2. Подання сигналів з тональною кутовою модуляцією у часовій області [1, §8.2, стор. 400—404]. Тема 08.3. Спектри сигналів з тональною кутовою модуляцією [1, §8.3, стор. 404—423]. Тема 08.4*. Генерування і детектування сигналів з кутовою модуляцією [1, §8.4, стор. 423—431]. Тема 08.5*. Кутова модуляція при негармонічному модулюючому сигналі [1, §8.5, стор. 431—437].
14	**Розділ 08. Сигнали з кутовою модуляцією (КМ) [1, §8.1—§8.8, стор. 395—481].** Тема 08.6. Радіоімпульси з лінійною частотною модуляцією (ЛЧМ) [1, §8.6, стор. 437—452]. • Радіоімпульс з ЛЧМ, його характеристики і властивості [1, §8.6, стор. 437—439]. • Спектр радіоімпульсу з лінійною частотною модуляцією [1, §8.6, стор. 439—448]. • АКФ радіоімпульсу з ЛЧМ [1, §8.6, стор. 448—452]. Тема 08.7. Радіосигнали з фазовою маніпуляцією (ФМН) [1, §8.7, стор. 452—475]. • АКФ радіоімпульсів з фазовою маніпуляцією [1, §8.7, стор. 454—455]. • АКФ ФМн сигналів Баркера [1, §8.7, стор. 455—457]. • Спектри ФМн сигналів Баркера [1, §8.7, стор. 457—561]. • Генерування ФМн сигналів Баркера [1, §8.7, стор. 461—461]. • Двійкова псевдовипадкова послідовність [1, §8.7, стор. 461—465]. • Сигнали з фазовою маніпуляцією двійковими псевдовипадковими послідовностями [1, §8.7, стор. 465—466]. • АКФ сигналів, маніпульованих М—послідовностями [1, §8.7, стор. 466—470]. Спектри сигналів, маніпульованих М—послідовностями [1, §8.7, стор. 470—475].
15	**Розділ 09 (§22). Перетворення сигналів у нелінійних радіотехнічних колах (системах) [3, §22.1—§22.6, стор. 281—361].** Тема 09.1. Властивості нелінійних систем [3, §22.1, стор. 282—285]. Тема 09.2. Нелінійні елементи електричних кіл і їхні характеристики [3, §22.2, стор. 285—292]. Тема 09.3. Апроксимація характеристик нелінійних елементів [3, §22.3, стор. 292—307]. Тема 09.4. Перетворення спектрального складу струму в безінерційному нелінійному резистивному елементі[3, §22.4, стор. 307—330]. Тема 09.5. Методи спектрального аналізу коливань у колах з безінерційними нелінійними елементами [3, §22.5, 330—362]. Тема 09.6. Основні види функційних перетворень сигналів у нелінійних системах [3, §22.6, 362—377].

16	**Розділ 10 (§23). Системи зі зворотним зв'язком [3, §23.1—§23.6, стор. 434—474].** Тема 10.1. Частотна передавальна функція лінійної системи зі зворотним зв'язком [3, §23.1, стор. 434—451]. Тема 10.2. Стійкість систем зі зворотними зв'язками [3, §23.2, стор. 451—474]. Задачі [3, §23.4, стор. 514—518].
17	**Розділ 11 (§24). Генерування синусоїдних (гармонічних) коливань. Автоколивальні системи [4, §24.1—§24.8, стор. 3—170], [2, §9.1-§9.11, стор. 270-299], [3, §14.4-§14.5, стор. 364-382].** Тема 11.1. Коротка характеристика методів аналізу нелінійних автоколивальних систем [4, §24.1, стор. 5—8]; [2, §9.1, стор. 270—273]. Тема 11.2. Виникнення коливань в автогенераторі [4, §24.2, стор. 8—25]; [2, §9.2, стор. 273—276]. Тема 11.3. Стаціонарний режим автогенератора [4, §24.3, стор. 25—34]; [2, §9.3, стор. 276—279]. Тема 11.4. М'який і жорсткий режими роботи генераторів [4, §24.4, стор. 34—54]; [2, §9.4, стор. 279—280]. Тема 11.5. Вплив вищих гармонік на частоту й амплітуду коливань генератора. Стабільність частоти коливань на виході генератора [4, §24.5, стор. 54—69]. Тема 11.6. Перехідний режим генератора синусоїдних коливань. Метод повільно змінюваних амплітуд [4, §24.6, стор. 69—96]. Тема 11.7. Метод фазової площини [4, §24.7, стор.965—127]; [2, §9.7, стор. 285—289]. Тема 11.8. Деякі схеми автогенераторів синусоїдних коливань [4, §24.8, стор. 127—159]; [2, §9.5, стор. 280—282].
18	**Розділ 12. Аналіз проходження сигналів через радіоелектронні пристрої.** Тема 12.1. Фільтрувальні властивості лінійних РЕП. Тема 12.2. Проходження коливань через лінійні РЕП. Спектральний, операторний та часовий методи аналізу. Тема 12.3. Проходження коливань через нелінійні РЕП.

Практичні заняття

№	***Назва теми заняття та перелік основних питань*** (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	Спектральний аналіз періодичних сигналів. Фізичний і математичний спектри (амплітудний, фазовий і середніх потужностей). Оцінка ширини спектрів таких сигналів. [10, стор. 20—27; 9, стор. 31—40; 5, стор. 41—47; 18, стор. 641—644]. Завдання на СРС: Підготуватись до заняття, скориставшись посібником [28, 29].
2	Спектральний аналіз неперіодичних сигналів. Перетворення Фур'є. Спектральна густина амплітуд і енергій. Фізичний і математичний спектри. Зв'язок спектрів поодинокого імпульсу та періодичної послідовності таких імпульсів. [10, стор. 27—31; 9, стор. 40—43; 5, стор. 48—57; 18, стор. 635 — 639]. Завдання на СРС: Підготуватись до заняття, скориставшись посібником [28, 29].
3	Теореми спектрального аналізу та їх використання. Спектри сигналів з нескінченою енергією. [10, стор. 31—45; 9, стор. 43—67; 5, стор. 51—63; 18, стор. 638—641]. Завдання на СРС: Підготуватись до заняття, скориставшись посібником [28, 29].
4	Поняття ширини спектра сигналу і її практичне обчислення. Зв'язок між тривалістю сигналу та шириною його спектру. Швидкість згасання спектру. [10, стор. 45—53; 9, стор. 57—59; 5, стор. 199—200]. Завдання на СРС: Підготуватись до заняття, скориставшись посібником [28, 29].
5	Кореляційний аналіз детермінованих сигналів. Зв'язок між спектральними й кореляційними характеристиками сигналів. [10, стор. 67—71; 9, стор. 79—85; 5, стор. 84—91]. Завдання на СРС: Підготуватись до заняття, скориставшись посібником [28, 29].
6	Перетворення Лапласа як узагальнення перетворень Фур'є. [10, стор. 55—59; 9, стор. 67—74; 5, стор. 67—77]. Завдання на СРС: Підготуватись до заняття, скориставшись посібником [28, 29].

7	Дискретизація та квантування неперервних сигналів [1, §5.1, стор. 236—255]. Теорема відліків для сигналів з обмеженим спектром у часовій області. Спектр відлікового сигналу [1, §5.1, стор. 236—241]. Відновлення неперервного сигналу з відлікового (дискретного) сигналу [1, §5.1, стор. 241—248]. Теорема відліків у частотній області [1, §5.1, стор. 248—250]. Аналого-цифрове перетворення сигналів [1, §5.1, стор. 250—255]. Перетворення Фур'є дискретного часу (ПФДЧ), ряд Фур'є дискретного часу (РФДЧ) та дискретне перетворення Фур'є (ДПФ) [1, §5.2, стор. 255—266; 2, стор. 255—266]. Пряме та обернене дискретне перетворення Фур'є [1, §5.2, стор. 255—258]. ДПФ і ряди Фур'є. Похибки, що виникають при використанні ДПФ [1, §5.2, стор. 258—266]. Завдання на СРС: Підготуватись до заняття, скориставшись посібником [28, 29].
8	Математичний апарат аналізу дискретних сигналів та систем. z—перетворення [1, §5.3, стор. 266—288]. Пряме z-перетворення [1, §5.3, стор. 266—272]. Властивості z-перетворення. Теореми про z—перетворення [1, §5.3, стор. 272—277]. Обернене z-перетворення [1, §5.3, стор. 277—288]. Завдання на СРС: Підготуватись до заняття, скориставшись посібником [28, 29].
9	Радіосигнали з АМ, їх різновиди і спектри. Радіосигнали з АМ, балансною АМ періодичними та неперіодичними керувальними сигналами, та їх спектри. Перемодуляція. [10, стор. 74—81; 9, стор. 88—97; 5, стор. 104—113; 18, стор. 630—632]. Завдання на СРС: Підготуватись до заняття, скориставшись посібником [28, 29].
10	Радіосигнали з КМ, їх різновиди та спектри. Радіосигнали частотною (ЧМ) та фазовою (ФМ) модуляціями, їх спектри. Зв'язок між миттєвими частотою і фазою. Спектр сигналу з тональною ЧМ, його особливості та оцінка ширини. [10, стор. 81—93; 9, стор. 98—114; 18, стор. 632—633]. Завдання на СРС: Підготуватись до заняття, скориставшись посібником [28, 29].
11	Подання вузькосмугових радіосигналів у комплексній формі. Необхідність у комплексному поданні радіосигналів і проблеми, з цим пов'язані. Перетворення Гільберта, як рішення цих проблем, його особливості у часовій і спектральній областях. Аналітичний сигнал, комплексна обвідна та їх властивості. [10, стор. 93—103; 9, стор. 114 —125; 5, стор. 147—161; 18, стор. 629—631, 633—634]. Завдання на СРС: Підготуватись до заняття, скориставшись посібником [28, 29].
12	Точні методи відшукання реакції лінійного кола на довільний вхідний сигнал. [10, стор. 174—177; 9, стор. 214—217; 5, стор. 225—266]. Завдання на СРС: Підготуватись до заняття, скориставшись посібником [28, 29].
13	Спрощені (наближені) методи аналізу перетворення радіосигналів у вузькосмугових колах. Метод комплексної обвідної. [10, стор. 184—198; 9, стор. 228 —246; 5, стор. 283—296]. Завдання на СРС: Підготуватись до заняття, скориставшись посібником [28, 29].
14	Апроксимація нелінійних характеристик. Завдання, етапи (визначення інтервалу апроксимації, вибір типу апроксимуючої функції, обчислення коефіцієнтів апроксимації, перевірка, оцінювання похибок). Апроксимація ступеневими поліномами, експоненціальними поліномами, кусково-лінійними функціями та ін. Відшукання коефіцієнтів методами обраних точок та найменших квадратів. [20, стор. 21—36; 21, стор. 44—51; 22, стор. 32—44]. Завдання на СРС: Підготуватись до заняття, скориставшись посібником [28, 29].
15	Гармонічний аналіз коливань у нелінійних колах. Методи кута відсікання (метод Берга), формул 3х і 5и ординат та ін. Методи формул кратного аргументу, модифікованих функцій Бесселя. [20, стор. 48—63; 21, стор. 58—70; 22, 59—76]. Завдання на СРС: Підготуватись до заняття, скориставшись посібником [28, 29].
16	Перетворення частоти (гетеродинування). Суть та призначення процесу. Принципи і схемна реалізація. Основи розрахунків. Параметри перетворювачів. [20, стор. 71—73; 21, стор. 77—79; 22, стор. 98—104]. Завдання на СРС: Підготуватись до заняття, скориставшись посібником [28, 29].
17	Амплітудна модуляція. Суть та призначення процесу. Принципи одержання та варіанти схем. Основні характеристики модуляторів та їх розрахунки. Балансні модулятори. Методи і схеми одержання односмугової модуляції (фільтровий метод та метод фазування). [20, стор. 73—81; 21, стор. 79—87; 22, стор. 113—134]. Завдання на СРС: Підготуватись до заняття, скориставшись посібником [28, 29].

18	Амплітудне детектування. Суть і призначення процесу зі спектральної і часової точок зору. Класифікація та основні характеристики і параметри амплітудних детекторів. Послідовний та паралельний лінійні діодні детектори. Квадратичне детектування. Амплитудні детектори на транзисторах, порівняння їх параметрів з діодними детекторами. [20, стор. 90—102; 21, стор. 95—100; 22, стор. 134—148]. Завдання на СРС: Підготуватись до заняття, скориставшись посібником [28, 29].

Лабораторні заняття (комп’ютерні практикуми)

№	***Назва теми заняття***
1	Спектральний аналіз керувальних сигналів і радіосигналів з амплітудною модуляцією
2	Дослідження проходження амплітудно-модульованих коливань через частотно-вибіркові кола
3	Спектральний аналіз модульованих за кутом коливань і дослідження їх проходження через активні частотно-вибіркові кола
4	Дослідження процесів амплітудної модуляції і амплітудного детектування
5	Дослідження LC автоколивальних систем із зовнішнім зворотнім зв’язком
6	Дослідження RC автоколивальної системи із зовнішнім зворотним зв’язком

Модульні контрольні роботи

Модульні контрольні роботи виконуються в формі тестів (що забезпечує об’єктивне оцінювання знань) та завантажень (що забезпечує суб’єктивне оцінювання навичок) в СДН *Moodle* (*dtsp.kiev.ua*) [33]. Під час виконання МКР рекомендується використовувати матеріали [28, 29, 30].

МКР-2.1

Модульна контрольна робота за темами:

Дискретизація сигналів (2 питання) [2, гл.2, пп.2.14—2.15, стр. 74—79, гл.3, п.3.12, стр. 128—132], [3, гл.2, пп.2.15—2.17, стр. 59—67. гл.3, п.3.12, стр. 106—109].

Радіосигнали та їх спектри (8 питань) [2, гл.3, стр. 86—120], [3, гл.3, стр. 72—103].

Всього 10 питань.

МКР-2.2

Модульна контрольна робота (МКР) за темами:

Апроксимація ВАХ НЕ (3 питання) [2, гл.8, п.8.2, стр. 280—283], [3, гл.8, п.8.2, стр. 222—225].

Спектральний аналіз в нелінійних колах (10 питань) [2, гл.8, пп. 8.3—8.11, стр. 283—320], [3, гл.8, пп. 8.3—8.12, стр. 225—255].

Всього 13 питань.

МКР-2.3

Модульна контрольна робота (МКР) за темами:

Генерація гармонічних коливань (13 питання) [2, гл.9, стр. 323-359], [3, гл.9, стр. 270-306].

Всього 13 питань.

МКР-2.4

Модульна контрольна робота (МКР) за темами:

Детектування сигналів (3) [2, гл.8, пп.8.7-8.11, стр. 300-321], [3, гл.8, пп.8.8-8.12, стр. 239-255].

Модуляція коливань (2) [2, гл.8, п.8.12, стр. 321-323], [3, гл.8, п.8.13, стр. 255-257].

Всього 5 питань.

6. Самостійна робота студента

Студент повинен завчасно готуватись до лекцій, практичних та лабораторних занять (комп'ютерних практикумів). Перед лекціями необхідно повторити теоретичний матеріал, наданий у попередніх лекціях. Перед практичними та лабораторними заняттями (комп'ютерними практикумами) необхідно повторити відповідний теоретичний матеріал.

Обов'язковим є виконання індивідуальних завдань до комп'ютерних практикумів, які необхідно виконувати до наступного лабораторного заняття. Для підготовки до виконання індивідуальних завдань слід скористатися рекомендованою літературою та конспектом лекцій.

Для кращого закріплення теоретичного матеріалу студент повинен виконувати тематичні та модульні контрольні роботи (в СДН *Moodle*), підготовка до яких вимагає ретельного повторення теоретичного матеріалу відповідних лекцій у години самостійної роботи.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Відвідування занять

Відвідування лекцій та практичних та лабораторних занять є обов'язковим згідно Положення про організацію освітнього процесу КПІ ім. Ігоря Сікорського. У разі хвороби студент зобов'язаний представляти довідку про термін проходження лікування, оформлену належним чином, з установи, де проходило лікування. У інших випадках (наприклад, сімейні обставини) питання вирішується в індивідуальному порядку з викладачем. Матеріал занять, які були з тих чи інших причин пропущені, необхідно опановувати самостійно. Для допомоги студентам в СДН dtsp.kiev.ua містяться посилання на відеозаписи всіх лекцій.

Пропущені контрольні заходи

Подання результатів моделювальних робіт, ТКР та МКР є обов'язковим. Несвоєчасне подання дає нульову оцінку. У разі несвоєчасного подання з поважних причин (наприклад, хвороби), підтверджених відповідними документами, студент має можливість написати контрольний захід в інший узгоджений з викладачем термін без зниження оцінки. З метою самовдосконалення та покращення власних результатів допускається повторне виконання ТКР та МКР.

Пропущений іспит не зараховується незалежно від причин пропуску; у такому випадку студент отримує запис у відомості «не з'явився» та повинен складати іспит на додатковій сесії.

Оголошення результатів контрольних заходів

Результати виконання самостійних робіт проставляються в СДН Moodle і оголошуються кожному студенту окремо у присутності або у дистанційній формі та супроводжуються оціночними листами (в СДН Moodle), в яких студенти можуть побачити свою оцінку за певними критеріями, а також позначення основних помилок та коментарі до них.

Результати письмово екзамену вказуються на бланках для письмової екзаменаційної роботи (завдання, які виконували студенти) з позначенням усіх помилок, коректної або некоректної відповіді, а також з коментарями, зауваженнями тощо. Екзамен може проводитися у формі тестів та завдань з використанням можливостей СДН Moodle.

Академічна доброчесність

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: https://kpi.ua/code.

Норми етичної поведінки

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: https://kpi.ua/code.

Процедура оскарження результатів контрольних заходів

Студенти мають можливість поставити будь-яке питання, яке стосується процедури проведення та/або оцінювання контрольних заходів, та очікувати, що воно буде розглянуто згідно із наперед визначеними процедурами.

Студенти мають право оскаржити результати контрольних заходів, але обов’язково аргументовано, пояснивши, з яким критерієм не погоджуються відповідно до оціночного листа та/або зауважень.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)

1. Облік виконання завдань та рейтинг студентів здійснюється в СДН Moodle DTSP.KIEV.UA. Студенти з першого дня вивчення дисципліни створюють особисті профілі в СДН та отримують доступ до всіх матеріалів курсу, в тому числі до правил рейтингової системи та власного журналу оцінок.

2. Рейтинг студента з кредитного модуля розраховується, виходячи із 100-бальної шкали (100% успішності)

$R_m = R_s + R_e = 100$;

$R_{s\ max} = 60$; $R_{emax} = 40$.

Стартовий рейтинг R_s (семестрова складова) складається з балів, що студент отримує за:

- виконання лабораторних(моделювальних завдань) (6 робіт);
- виконання модульних контрольних робіт (4 роботи);
- виконання тематичних контрольних робіт (1 робота до кожної теми);
- виконання розрахунково-графічних робіт (1 робота);
- додаткової активності.

3. Виконання, оформлення і захист звітів про виконання лабораторних робіт (ЛР) (комп’ютерних практикумів), що надають такі рейтингові бали успішності:

виконання лабораторної роботи (комп’ютерного практикуму)	40%
оформлення звіту відповідно до вимог	20%
оформлення звіту з порушеннями	0…10%
повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації)під час захисту ЛР на поточному або наступному лабораторному занятті	40%

неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформаціїта деякі помилки) або несвоєчасний захист ЛР	20%
відповідь з істотними помилками	10%
незадовільна відповідь	0%

Вклад балів за шість ЛР в семестрову складову рейтингу - 25%.

Виконання тематичних та модульних контрольних робіт (ТКР та МКР) при ручному оцінюванні:

повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації)	95…100%
достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації або незначні неточності)	75…94%
неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки)	60…74%
незадовільна відповідь	0…59%

Вклад в семестрову складову рейтингу балів за ТКР та МКР (теоретичні заняття) - 35%

Вклад в семестрову складову рейтингу балів за виконання тестів та ДЗ (практичні заняття) - 25%

4. Умовою позитивної *першої атестації* є отримання поточного рейтинги не менше 60% успішності (60 балів) (при умові виконання всіх ТКР та інших планових завдань на час атестації). Умовою позитивної *другої атестації* – є отримання поточного рейтинги не менше 60% успішності (60 балів) (при умові виконання всіх МКР та інших планових завдань на час атестації).

5. Умовою допуску до екзамену є зарахування всіх лабораторних робіт (комп’ютерних практикумів), розрахункової роботи та стартовий рейтинг не менше 60% успішності (60 балів).

6. На екзамені студенти виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить два теоретичних питання і одну розрахункову задачу. Перелік екзаменаційних завдань наведено у MOODLE сайті з дисципліни.

Кожне теоретичне питання оцінюється у 30% від максимальної оцінки за іспит, розрахункова задача оцінюється у 40% успішності.

У підсумку

$R_e = 2´30 + 40 = 100\%$ успішності = 40 балів (екзаменаційної складової).

7. Сума стартових балів та балів за екзаменаційну контрольну роботу переводиться до екзаменаційної оцінки згідно з таблицею.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою

Кількість балів	**Оцінка**
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо

Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Опис матеріально-технічного та інформаційного забезпечення дисципліни

Лабораторні роботи виконуються в комп’ютерному класі 321-17 та спеціалізованій лабораторії 322-17.

В класі 321-17 організовано 12 робочих місць. Кожне місце облаштоване персональним комп’ютером та Ethernet розеткою та 220 В для підключення додаткового обладнання. Підготовлено шість шестигодинних лабораторних роботи.

В 322-17 лабораторії організовано 7 робочих місць. Кожне місце облаштоване різноманітними генераторами, осцилографом, вольтметрами. Також на робочому місці створено базовий блок, який дозволяє підключати до нього шість різноманітних блоків, за допомогою яких можливо проводити дослідження випадкових сигналів. Підготовлено шість шестигодинних лабораторних роботи.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):
Складено Павлов О. І.; Літвінцев С. М.; Гусєва О. В.;
Ухвалено кафедрою РІ (протокол № 06/2023 від 23.06.2023)
Погоджено методичною комісією факультету/ННІ (протокол № 06-2023 від 29.06.2023)