



# [RE-306] БЕЗДРОТОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ АПАРАТУРИ. ЧАСТИНА 2



## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	17 - Електроніка, автоматизація та електронні комунікації
Спеціальність	172 - Електронні комунікації та радіотехніка
Освітня програма	172Б ІТР - Інтелектуальні технології радіоелектронної техніки (ЄДЕБО id: 49229)172Б ІТР+ - Інтелектуальні технології радіоелектронної техніки (ЄДЕБО id: 57907)
Статус дисципліни	Нормативна
Форма здобуття вищої освіти	Очна
Рік підготовки, семестр	3 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	5,5 кред. (Лекц. 36 год, Практик. год, Лаб. 54 год, СРС. 75 год )
Семестровий контроль/контрольні заходи	Залік
Розклад занять	<a href="https://rozklad.kpi.ua">https://rozklad.kpi.ua</a>
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лекц.: <a href="#">Дружинін В. А.</a> , Лаб.: <a href="#">Дружинін В. А.</a> , СРС.: <a href="#">Дружинін В. А.</a>
Розміщення курсу	<a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=6444">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=6444</a>

### Програма навчальної дисципліни

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

Навчальна дисципліна «Бездротові технології інтелектуальної радіоелектронної апаратури. Частина 2» є однією із обов'язкових дисциплін і займає провідне місце у підготовці фахівців освітнього рівня «бакалавр» за спеціальністю 172 - Телекомунікації та радіотехніка.

Дисципліна викладається для студентів денної форми навчання першого (бакалаврського) рівня спеціальності 172 - Телекомунікації та радіотехніка та має дві складові: радіопередавальні і радіоприймальні пристрої. При викладанні дисципліни використовуються творчі форми проведення занять, зокрема оглядові лекції, елементи комп'ютерного моделювання тощо.

**Метою вивчення навчальної дисципліни** «Бездротові технології інтелектуальної радіоелектронної апаратури. Частина 2» є надання студентам знань, навиків та умінь, щодо технологій радіопередавальних пристроїв, набуття необхідної теоретичної та схемо-конструкторської підготовки для участі спеціаліста в проектуванні, виробництві і експлуатації пристроїв генерування та формування сигналів, отримання навиків математичного моделювання процесів формування сигналів, та їх метрологічного забезпечення; надання студентам знань, навиків та умінь, щодо технологій радіоприймальних пристроїв, набуття необхідної теоретичної та схемо-конструкторської підготовки для участі спеціаліста в проектуванні, виробництві і експлуатації радіоприймачів, отримання навиків математичного моделювання процесів обробки сигналів у приймачах, та їх метрологічного забезпечення.

**Предметом вивчення даної дисципліни** є найважливіші компоненти і пристрої приймально-передавальних систем, їх призначення, принципи дії, основні технічні характеристики та необхідні умови експлуатації.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми «Інтелектуальні технології радіоелектронної апаратури» (першого) бакалаврського рівня вищої освіти за спеціальністю 172 - Телекомунікації та радіотехніка, студенти після засвоєння матеріалів нормативної освітньої компоненти «Бездротові технології інтелектуальної радіоелектронної апаратури. Частина 2» мають придбати відповідні **загальні, фахові компетентності і отримати професійні результати навчання.**

#### **Загальні компетентності:**

ЗК 1 Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК 2 Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК 5 Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.

ЗК 7 Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

#### **Фахові компетентності:**

ФК 1 Здатність розуміти сутність і значення інформації в розвитку сучасного інформаційного суспільства.

ФК 2 Здатність вирішувати стандартні завдання професійної діяльності на основі інформаційної та бібліографічної культури із застосуванням інформаційно- комунікаційних технологій і з урахуванням основних вимог інформаційної безпеки.

ФК 3 Здатність використовувати базові методи, способи та засоби отримання, передавання, обробки та зберігання інформації.

ФК 4 Здатність здійснювати комп'ютерне моделювання пристроїв, систем і процесів з використанням пакетів прикладних програм.

ФК 6 Здатність проводити інструментальні вимірювання в інформаційно- телекомунікаційних мережах, телекомунікаційних та радіотехнічних системах.

ФК 10 Здатність здійснювати монтаж, налагодження, налаштування, регулювання, дослідну перевірку працездатності, випробування та здачу в експлуатацію споруд, засобів і

устаткування телекомунікацій та радіотехніки.

ФК 14 Здатність вивчати науково-технічну інформацію, вітчизняний і закордонний досвід з тематики інвестиційного (або іншого) проекту розробки засобів телекомунікацій та радіотехніки.

ФК 16 Здатність застосовувати стандартні методи розрахунку при проектуванні вузлів телекомунікаційних та радіотехнічних пристроїв і систем.

ФК 20 Здатність обирати методи та засоби обробки інформації із застосуванням інтелектуальних технологій.

ФК 23 Здатність обирати та застосовувати спеціалізовані програмні засоби для імітаційного моделювання та проектування радіоелектронної апаратури.

ФК 24 Здатність до розробки алгоритмів та їх реалізації в програмно-конфігурованих радіоелектронних системах.

### **Програмні результати навчання:**

ПРН 1 Аналізувати та приймати обґрунтовані рішення при розв'язанні спеціалізованих задач та практичних проблем телекомунікацій та радіотехніки, які характеризуються комплексністю та неповнотою визначеності умов.

ПРН 4 Пояснювати результати, отримані в результаті проведення вимірювань, в термінах їх значущості та пов'язувати їх з відповідною теорією.

ПРН 6 Адаптуватись в умовах зміни технологій інформаційно-комунікаційних мереж, телекомунікаційних та радіотехнічних систем.

ПРН 7 Грамотно застосовувати термінологію галузі телекомунікацій та радіотехніки.

ПРН 9 Аналізувати та виконувати оцінку ефективності методів проектування інформаційно-телекомунікаційних мереж, телекомунікаційних та радіотехнічних систем.

ПРН 10 Спілкуватись з професійних питань, включаючи усну та письмову комунікацію

державною мовою та однією з поширених європейських мов (англійською, німецькою, італійською, французькою, іспанською).

ПРН 11 Застосовувати міжособистісні навички для взаємодії з іншими людьми та залучення їх до командної роботи.

ПРН 13 Застосовувати фундаментальні і прикладні науки для аналізу та розробки процесів, що відбуваються в телекомунікаційних та радіотехнічних системах.

ПРН 14 Застосовувати основні властивості компонентної бази для забезпечення якості та надійності функціонування телекомунікаційних, радіотехнічних систем і пристроїв.

ПРН 15 Застосовувати засоби автоматизації проектування і технічної експлуатації систем телекомунікацій та радіотехніки у професійній діяльності.

ПРН 16 застосовувати основи метрології та стандартизації у галузі телекомунікацій та радіотехніки у професійній діяльності.

ПРН 17 Застосовувати та дотримуватись вітчизняних і міжнародних нормативних документів з питань розроблення, впровадження та технічної експлуатації інформаційно-телекомунікаційних мереж, телекомунікаційних і радіотехнічних систем.

ПРН 18 Знаходити, оцінювати і використовувати інформацію з різних джерел, необхідну для розв'язання професійних завдань, включаючи відтворення інформації через електронний пошук.

ПРН 19 Здійснювати стандартні випробування інформаційно-комунікаційних мереж, телекомунікаційних та радіотехнічних систем на відповідність вимогам вітчизняних та міжнародних нормативних документів.

ПРН 22 Контролювати технічний стан інформаційно-комунікаційних мереж, телекомунікаційних і радіотехнічних систем у процесі їх технічної експлуатації з метою виявлення погіршення якості функціонування чи відмов, та його систематична фіксація шляхом документування.

ПРН 23 обирати і застосовувати технічні рішення та проводити необхідні розрахунки для реалізації методів цифрового та аналогового оброблення сигналів.

ПРН 24 Реалізовувати методи цифрового оброблення сигналів на програмному та апаратному рівнях.

ПРН 25 Обирати та реалізовувати засоби та методи передачі інформації в мережах зв'язку та застосовувати мережні технології.

У межах вищевизначених загальних та фахових компетентностей і програмних результатів навчання студенти повинні: **розуміти** принципи формування та розрахунку структурних схем діапазонних радіопередавальних пристроїв; **володіти** методами розрахунку параметрів та режимів роботи діапазонних збудників; схемотехнікою та принципами розрахунку кіл живлення та узгодження пристроїв генерування та формування сигналів; **опанувати** технології побудови та схемотехнічні особливості задаючих автогенераторів, умови виникнення стаціонарного, жорсткого та м'якого режимів їх збудження; **знати** основні співвідношення для розрахунку та аналізу роботи помножувачів частоти радіопередавачів; **володіти** методами і технологіями проектування пристроїв приймання та оброблення сигналів радіолокаційних, зв'язних (телекомунікаційних), телевізійних, радіомовних приймачів, приймачів багатоканальних наземних і супутникових радіорелейних ліній зв'язку, їх принципами структурного синтезу; **розумітися у** семотехніці основних підсистем пристроїв приймання та оброблення сигналів; **опанувати** теорію перетворювачів частоти, схемотехніку трактів проміжної частоти, схемотехніку основних підсистем обробки сигналів (демодуляторів) в радіоприймачах.

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

Для успішного засвоєння дисципліни студент повинен володіти знаннями, що отримано при вивченні таких дисциплін згідно зі структурно-логічною схемою навчання за освітньою програмою: «Інформатика. Частина 1», «Інформатика. Частина 2», «Основи метрології», «Вища математика. Частина 1», «Вища математика. Частина 2», «Вища математика. Частина 3» «Загальна фізика. Частина 1», «Загальна фізика. Частина 2», «Основи теорії кіл. Частина 1», «Основи теорії кіл. Частина 2», «Електродинаміка та поширення радіохвиль», «Схемотехніка. Частина 1», «Радіоелектроніка в інтелектуальних системах», «Основи теорії телекомунікацій та радіотехніки. Частина 1», «Основи теорії телекомунікацій та радіотехніки. Частина 2».

Опанування студентами даної навчальної дисципліни може бути корисною для вивчення в подальшому навчальної дисципліни "Наскрізна розробка інтелектуальної техніки. Ч1".

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

**Радіопередавальні пристрої.** Загальні відомості про радіопередавальні пристрої, їх призначення та класифікація. Електричні режими роботи активних елементів в генераторах

із зовнішнім збудженням. Кола узгодження та живлення радіопередавачів. Збудники діапазонних радіопередавачів. Принципи роботи синтезаторів частот. Методи формування сітки частот. Режими роботи автогенераторів. Схемотехніка, аналіз і розрахунок модуляторів радіопередавачів. Принципи роботи та схемотехніка помножувачів частоти.

**Радіоприймальні пристрої.** Класифікація, параметри та основні функції радіоприймальних пристроїв. Шумові параметри радіоприймальних пристроїв. Аналіз вхідних пристроїв радіоприймачів. Аналіз вибірних підсилювачів радіоприймальних пристроїв. Перетворювачі частоти. Детектори радіосигналів. Ручне та автоматичне регулювання в радіоприймальних пристроях. Завадостійкість радіоприймачів і методи її аналізу. Особливості побудови та аналізу приймальних пристроїв цифрових систем зв'язку. Перспективи розвитку пристроїв приймання та оброблення радіосигналів.

#### **4. Навчальні матеріали та ресурси**

##### **Базова література**

1. Бойко Ю.М. Теоретичні аспекти підвищення завадостійкості й ефективності обробки сигналів в радіотехнічних пристроях та засобах телекомунікаційних систем за наявності завад: монографія / Ю. М. Бойко, В.А. Дружинін, С. В. Толюпа. - Київ : Логос, 2018. - 227 с.

2. Системи радіозв'язку: лабораторний практикум / В. С. Белов, С. П. Кононов. - Вінниця : ВНТУ, 2017. - 90 с.

3. Телекомунікаційні системи передачі : підручник / В. М. Кичак, О. М. Шинкарук, Г. Г. Бортник, І.І. Чесановський, О.В. Стальченко. - Хмельницький: Видавництво НАДПСУ, 2016. - 424 с.

4. Радіопередавальні пристрої: навчальний посібник /В. М. Ткачук, С. М. Цирульник, Т. А. Петренко. - Вінниця : Т. П. Барановська, 2015.- 188 с.

5. Шинкарук О.М. Приймання та оброблення сигналів: навч. посібник /О.М. Шинкарук, В.І. Правда, Ю.М. Бойко. - Хмельницький: ХНУ, 2013.

##### **Додаткова література**

1. Передавальні та приймальні пристрої. Метод. вказівки до проведення практичних занять для студентів спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» спеціалізацій «Інформаційно-комунікаційні технології» / Уклад.: Г.Л. Авдеєнко, О.Ф. Цуканов. - К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. - 116 с.

2. Методичні вказівки щодо виконання курсової роботи з дисципліни «Засоби приймання і оброблення інформації» [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 125 «Кібербезпека», спеціалізації «Системи технічного захисту інформації»/КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: В.П. Смирнов - Електронні текстові дані (1 файл: 2,23 Мбайт). - Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. - 75 с.

3. Г.Г. Швачич, В.В. Толстой, Л.М. Петречук, Ю.С. Іващенко, О.А. Гуляєва, О.В. Соболенко. Сучасні інформаційно-комунікаційні технології: Навчальний посібник. - Дніпро: НМетАУ, 2017. -230 с.

4. Сайко В.Г., Казіміренко В.Я., Літвінов Ю.М. Мережі бездротового ширококутового доступу. Навчальний посібник. - К.: ДУТ, 2015. - 196 с.

## Навчальний контент

### 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття за навчальною дисципліною «Бездротові технології інтелектуальної радіоапаратури»

№ з/п	Тема та навчальні питання лекційних занять	Кількість навчальних годин
<b>Радіоприймальні пристрої</b>		
1	<b>Лекція 1. Класифікація, параметри та основні функції радіоприймальних пристроїв</b> 1. Загальні відомості про радіоприймальні пристрої. Визначення та класифікація радіоприймачів 2. Короткі відомості про розвиток техніки радіо приймання 3. Структурні схеми радіоприймачів 4. Основні функції і параметри радіоприймачів	2
2	<b>Лекція 2. Шумові параметри радіоприймальних пристроїв</b> 1. Шуми при радіоприйманні. Статистичні характеристики шуму 2. Аналіз проходження шуму через лінійні каскади. Ефективна шумова смуга 3. Поняття коефіцієнта шуму 4. Коефіцієнт шуму чотириполосника 5. Коефіцієнт шуму і шумова температура каскадного з'єднання чотириполосників	2
3	<b>Лекція 3. Аналіз вхідних пристроїв</b> 1. Призначення, параметри і класифікація вхідних пристроїв 2. Аналіз узагальненої еквівалентної схеми вхідних пристроїв 3. Резонансний коефіцієнт передачі. Режими роботи вхідних пристроїв 4. Загасання і вибірність вхідних пристроїв 5. Схеми вхідних пристроїв при зв'язку з ненастроєною антеною 6. Особливості вхідних пристроїв з електронним перестроюванням 7. Принцип спряження настроювань контурів преселектора і гетеродина в супергетеродинному радіоприймачі	2
4	<b>Лекція 4. Аналіз вибірних підсилювачів радіоприймальних пристроїв</b> 1. Призначення, функції і класифікація вибірних підсилювачів. Їх основні характеристики 2. Аналіз узагальненої еквівалентної схеми резонансного підсилювача 3. Граничний коефіцієнт підсилення каскаду резонансного підсилювача 4. Максимальний коефіцієнт підсилення каскаду при заданій смузі пропускання 5. Умови забезпечення мінімальної смуги пропускання 6. Зворотні зв'язки в резонансних підсилювачах 7. Стійкий коефіцієнт підсилення. Формула В.І. Сіфорова. 8. Нейтралізація позитивного зворотного зв'язку у підсилювачах 9. Вибірність підсилювачів 10. Аналіз коефіцієнта шуму транзисторного резонансного підсилювача 11. Підсилювачі радіочастоти. Коефіцієнт шуму радіоприймача 12. Підсилювачі підвищеної вибірності 13. Деякі особливості вибірних підсилювачів, виконаних за інтегральною технологією 14. НВЧ підсилювачі. Підсилювачі імпульсних сигналів. Розширення динамічного діапазону підсилювачів	4

5	<p><b>Лекція 5. Перетворювачі частоти</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Призначення, основні функції, структура і характеристики перетворювачів частоти</li> <li>2. Синтезатори частоти як гетеродини перетворювачів</li> <li>3. Основи теорії перетворювання частоти</li> <li>4. Еквівалентна схема і параметри перетворювача частоти</li> <li>5. Фізика процесу перетворювання частоти</li> <li>6. Схеми перетворювачів частоти</li> <li>7. Вибірність перетворювача частоти</li> <li>8. Фазовий метод заглушення дзеркального каналу</li> <li>9. Синтезатори частоти як гетеродини перетворювачів</li> </ol>	2
6	<p><b>Лекція 6. Детектори радіосигналів</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Амплітудний детектор: принцип роботи, призначення і характеристики</li> <li>2. Еквівалентна схема амплітудного детектора</li> <li>3. Режими детектування амплітудно-модульованих коливань</li> <li>4. Спотворення сигналу в амплітудному детекторі. Умова неспотвореного перетворення сигналу</li> <li>5. Амплітудне детектування суми корисного коливання і завади</li> <li>6. Синхронний детектор</li> <li>7. Детектори сигналів з кутовою модуляцією. Частотний детектор</li> <li>8. Фазовий детектор</li> <li>9. Декодування сигналу при стереофонічному радіомовленні</li> </ol>	2
7	<p><b>Лекція 7. Ручне та автоматичне регулювання в радіоприймальних пристроях</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Призначення і загальні характеристики регулювань</li> <li>2. Регулювання підсилення</li> <li>3. Автоматичне підстроювання частоти</li> <li>4. Частотне автопідстроювання частоти. Рівняння системи</li> <li>5. Фазове автопідстроювання частоти</li> <li>6. Регулювання смуги пропускання</li> </ol>	2
8	<p><b>Лекція 8. Завадостійкість радіоприймачів і методи її аналізу</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Загальні відомості про завади та їх класифікація</li> <li>2. Дія зосереджених завад на радіоприймальні пристрої</li> <li>3. Метод розрахунку параметрів нелінійності транзисторів</li> </ol>	2
9	<p><b>Лекція 9. Особливості побудови та аналізу приймальних пристроїв цифрових систем зв'язку</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Принципи побудови приймального тракту цифрового приймача</li> <li>2. Аналіз принципів оброблення сигналів приймальних пристроїв цифрового зв'язку</li> <li>3. Демодуляція сигналів бінарних систем зв'язку</li> <li>4. Демодулятори амплітудно-, частотно- та фазо-маніпульованих сигналів</li> <li>5. Особливості архітектури головного тракту приймання сигналів приймачів цифрового зв'язку</li> <li>6. Принципи роботи квадратурних демодуляторів систем цифрового зв'язку</li> </ol>	2
<b>Радіопередавальні пристрої</b>		
10	<p><b>Лекція 1. Генератори з зовнішнім збудженням. Активні елементи в пристроях генерування</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Характеристики активних елементів (АЕ)</li> <li>2. Режими роботи АЕ</li> <li>3. Енергетичні параметри режимів АЕ з гармонічною вихідною напругою</li> <li>4. Практична реалізація режимів АЕ з відсічкою вихідного струму. Напруженість режиму</li> </ol>	2
11	<p><b>Лекція 2. Біполярні і польові транзистори</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Біполярні транзистори в підсилювачах потужності</li> <li>2. Корекція частотних характеристик малопотужного транзистора</li> <li>3. Аналіз режимів роботи потужних біполярних транзисторів</li> <li>4. Вихідний опір потужного біполярного транзистора, включеного по схемі ЗЕ</li> <li>5. Вихідний опір біполярного транзистора, включеного по схемі ЗБ</li> <li>6. Польовий транзистор в підсилювачах потужності</li> <li>7. Ключові режими роботи активних елементів</li> </ol>	2

12	<b>Лекція 3. Кола зміщення, живлення і узгодження</b> 1. Кола живлення і зміщення 2. Узгоджуючі кола вузькополосних підсилювачів потужності 3. Узгоджуючі кола у вигляді двох зв'язаних контурів 4. Вузькополосні узгоджуючі кола НВЧ 5. Узгоджуючі кола широкополосних підсилювачів потужності	2
13	<b>Лекція 4. Сумування потужності окремих АЕ</b> 1. Паралельне та двотактне включення АЕ 2. Двокаскадний підсилювач потужності 3. Сумування потужності АЕ в мостових пристроях	2
14	<b>Лекція 5. Множники частоти</b> 1. Структурна схема множника частоти 2. Транзисторні множники частоти 3. Варакторні множники частоти 4. Параметри і характеристики варакторів 5. Режими роботи варакторів в множителі частоти 6. Множення частоти з використанням лавиноного діода	2
15	<b>Лекція 6. Розрахунок і проектування варакторних множників частоти</b> 1. Аналіз режимів роботи варактора з урахуванням $n$ -ї гармоніки заряду 2. Врахування втрат потужності в варакторі 3. Вивід співвідношень для розрахунку режиму роботи варактора 4. Розрахунок режиму роботи варактора 5. Проектування варакторних множників частоти	2
16	<b>Лекція 7. Квазілінійний метод дослідження автогенераторів</b> 1. Загальні відомості про автогенератори 2. Стаціонарний режим роботи автогенератора 3. Стійкість стаціонарного режиму автогенератора 4. М'який і жорсткий режими збудження автогенераторів 5. Стабільність частоти коливачів 6. Шуми в автогенераторах	2
17	<b>Лекція 8. Транзисторні автогенератори</b> 1. Автогенератори з трансформаторним зворотнім зв'язком 2. Автогенератори з ємнісним та індуктивним зворотнім зв'язком 3. Режим транзистора в автогенераторі на постійному струмі 4. Режим транзистора в автогенераторі на змінному струмі 5. Розрахунок зовнішніх ланцюгів транзисторного автогенератора	2
18	<b>Лекція 9. Діодні автогенератори</b> 1. Векторні діаграми діодного автогенератора 2. Автогенератор на тунельних діодах 3. Розрахунок автогенератора на тунельному діоді Діод Ганна, механізм його роботи 4. Автогенератор СВЧ на діодах Ганна	2
19	<b>Лекція 10. Генератор на лавино-пролітному діоді</b> 1. Принцип дії й еквівалентна схема лавино-пролітного діода 2. Статична і динамічна вольт-амперні характеристики ЛПД 3. Автогенератори СВЧ на лавино-пролітних діодах 4. Робота лавино-пролітного діода в режимі захоплення плазми	2
20	<b>Лекція 11. Кварцові генератори</b> 1. Кварцова стабілізація частоти автоколивачів 2. Транзисторні автогенератори з кварцовою стабілізацією частоти 3. Кварцові автогенератори на тунельних діодах 4. Кварцові автогенератори на інтегральних схемах 5. Використання кварцового генератора для стабілізації частоти в діапазоні хвиль	2



21	<b>Лекція 12. Стабілізація частоти генераторів НВЧ</b> 1. Особливості генераторів, що працюють на спеціальних електронних приладах 2. Стабілізація частоти за допомогою зовнішнього резонатора 3. Автоматичне підстроювання частоти 4. Робота автогенератора на неузгоджене навантаження	2
22	<b>Лекція 13. Квантові генератори</b> 1. Основи теорії квантових генераторів. Енергетичні рівні і спектри атомів і молекул 2. Молекулярні генератори з поділом молекул по енергетичних рівнях 3. Генератори і підсилювачі з твердою активною речовиною 4. Генератори з газоподібною активною речовиною 5. Стабільність частоти квантових генераторів	2
23	<b>Лекція 14. Модулятори. Амплітудна модуляція</b> 1. Структурна схема і модуляційні характеристики 2. Амплітудна модуляція зміною напруги живлення 3. Підсилення модульованих коливань 4. Модуляція зміною напруги живлення при одночасній зміні амплітуди вхідного впливу 5. Односмугові модулятори	2
24	<b>Лекція 15. Частотні і фазові модулятори</b> 1. Кутова модуляція 2. Модуляційні характеристики. Частотні модулятори на варикапах 3. Розрахунок частотного модулятора на варикапі 4. Фазові модулятори 5. Фазові маніпулятори	2
25	<b>Лекція 16. Імпульсні модулятори</b> 1. Імпульсна модуляція в тріодних генераторах 2. Основні елементи імпульсного модулятора. Ключ модулятора 3. Імпульсні модулятори з індуктивним нагромаджувачем 4. Імпульсні модулятори з ємнісним нагромаджувачем	2
26	<b>Лекція 17. Модуляція квантових генераторів</b> 1. Найпростіша амплітудна модуляція квантових генераторів 2. Поляризаційні модулятори 3. Модуляція добротністю резонатора	2

## Тематика лабораторних занять за навчальною дисципліною «Бездротові технології інтелектуальної радіоапаратури. Частина 2»

### 1. Дослідження характеристик первинних повідомлень

1.1 Основні поняття

1.2 Параметри повідомлень

1.3 Методи оцінювання якості каналів зв'язку

1.4 Характеристики телефонних каналів і їх нормування

1.5 Канал звукового мовлення

1.6 Класифікація систем радіозв'язку

1.7 Лабораторна робота "Дослідження первинних характеристик систем персонального виклику"

### 2. Дослідження багатоканальних систем радіозв'язку

2.1 Сигнали лінійного тракту

2.2 Принципи побудови систем з FDMA

2.3 Основні характеристики групових повідомлень

2.4 Принципи побудови систем з TDMA

2.5 Лабораторна робота «Дослідження мобільної радіорелейної станції малої ємності»

### **3. Дослідження радіорелейних систем зв'язку**

3.1 Принцип організації радіорелейних ліній

3.2 Класифікація радіорелейних ліній

3.3 Багатостовбурні радіорелейні лінії

3.4 План розподілу частот в радіорелейних системах

3.5 Основні елементи РРЛ

3.5.1 Структурна схема ОРС

3.5.2 Структурна схема ПРС

3.5.3 Кінцева апаратура цифрових лінійних трактів

3.6 Лабораторна робота «Дослідження радіорелейної станції прямої видимості»

### **4. Дослідження супутникових систем зв'язку**

4.1 Структурні схеми радіозв'язку через ШСЗ

4.2 Особливості передавання та обробки сигналів у супутникових системах зв'язку

4.3 Загальні відомості про орбіти ШСЗ

4.4 Лабораторна робота «Дослідження супутникової системи передачі інформації»

### **5. Дослідження іоносферних систем радіозв'язку**

5.1 Загальні відомості

5.2 Організація системи зв'язку

5.3 Енергетичні характеристики системи

5.4 Лабораторна робота «Дослідження характеристик широкосмугових систем»

### **6. Розрахунок характеристик і параметрів каналів радіозв'язку**

6.1 Визначення оптимальної довжини хвилі і напруженості поля

6.2 Визначення медіанного значення напруженості поля

6.3 Визначення за методом Казанцева добової зміни медіанного значення напруженості електричного поля

### **7. Дослідження АМ і ЧМ трактів радіомовного приймача**

### **6. Самостійна робота студента**

Завдання на самостійну роботу студентам визначені в методичних розробках по кожному виду занять.

**Орієнтована тематика індивідуального завдання для самостійної роботи студентів (радіопередавальні пристрої):**

1. Типи радіопередавальних пристроїв.
2. Телеграфні, телефонні, односмугові ПГФС.
3. Схемотехніка ГЗЗ.
4. Режими роботи та типи ГЗЗ.
5. Кола живлення, узгодження та зміщення ГЗЗ.
6. Збудники діапазонних РПП.
7. Методи формування дискретної сітки частот.
8. Схемотехніка автогенераторів РПП.
9. Режими роботи ГВЗ.
10. РПП з амплітудною модуляцією.
11. РПП з кутовою модуляцією.
12. РПП з ОБС модуляцією.
13. РПП з імпульсними методами модуляції.
14. Методи формування помножувачів частоти РПП.
15. Передавачі різних діапазонів хвиль.
16. Поясніть призначення пристроїв генерування та формування сигналів з загальної структури радіосистеми.
17. Поясніть класифікацію та призначення генеруючих пристроїв в структурі радіопередавача.
18. Проведіть класифікацію пристроїв генерування та формування за основними ознаками.
19. Поясніть режими роботи та принципи формування сигналів амплітудної модуляції.
20. Поясніть принципи та схемотехніку формування сигналів частотної модуляції.
21. Поясніть принципи та схемотехніку формування сигналів фазової модуляції.
22. Поясніть принципи та схемотехніку формування сигналів амплітудної маніпуляції (телеграфії).
23. Поясніть принципи та схемотехніку формування сигналів частотної маніпуляції (телеграфії). Принципи формування сигналів подвійної частотної телеграфії.
24. Поясніть принципи та схемотехніку формування сигналів фазової маніпуляції (телеграфії). Принципи формування сигналів відносної фазової маніпуляції.
25. Поясніть принципи формування сигналів з частотної маніпуляції з мінімальним зсувом, та гаусівської частотної маніпуляції.
26. Поясніть принципи та схемотехніку формування сигналів квадратурної амплітудної маніпуляції.

27. Поясніть призначення генераторів зовнішнього збудження.
28. Поясніть схемотехніку генераторів зовнішнього збудження.
29. Проведіть математичний опис режимів роботи генераторів зовнішнього збудження (ГЗЗ).
30. Проведіть аналіз роботи ГЗЗ з метою отримання оптимальних параметрів для заданого класу роботи.
31. Поясніть методику оцінки режимів роботи ГЗЗ по статичним та динамічним характеристикам в режимі амплітудної модуляції.
32. Проведіть оцінку класу режиму роботи ГЗЗ з допомогою методу кута відсічки вихідного струму.
33. Поясніть особливості роботи ГЗЗ в ключових режимах роботи.
34. Поясніть призначення кіл узгодження та живлення ГЗЗ.
35. Поясніть схемотехніку та класифікацію кіл живлення ГЗЗ.
36. Поясніть класифікацію та схемотехніку кіл узгодження ГЗЗ.
37. Поясніть параметри та основні характеристики помножувачів частоти ПЧ РПП.
38. Охарактеризуйте режими роботи та облік втрат потужності ПЧ.
39. Розгляньте схемотехніку помножувачів частоти.
40. Варакторні помножувачі частоти.
41. Поясніть будову збудника діапазонного радіопередавача.
42. Проведіть класифікацію синтезаторів сітки частот.
43. Поясніть принципи формування сітки частот пасивними методами синтезу.
44. Поясніть принципи формування сітки частот активними методами синтезу.
45. Розгляньте схемотехніку синтезаторів прямого аналогового синтезу сітки частот.
46. Розгляньте схемотехніку синтезаторів непрямого синтезу сітки частот.
47. Принципи роботи та схемотехніка генераторів керованих напругою.
48. Поясніть принципи формування модульованих сигналів діапазонних радіопередавачів. Розрахунок сітки частот.
49. Схемотехніка синтезаторів прямого цифрового синтезу.
50. Режими роботи автогенераторів.
51. Стаціонарний режим роботи автогенераторів.
52. Умови існування стаціонарного режиму.
53. М'який та жорсткий режими збудження.
54. Схемотехніка генераторів внутрішнього збудження.

55. Поясніть принципи стабілізації частоти.

56. Автогенератори із стабілізацією частоти на основі

п'єзореzonансних коливальних систем.

**Орієнтована тематика індивідуального завдання для самостійної роботи студентів (радіоприймальні пристрої):**

1. Зобразити структурну схему РТС.
2. Пояснити необхідність наявності в структурі РТС пристрою приймання та оброблення сигналів.
3. Дати опис функцій, які виконують окремі складові пристрою ПОС в структурі РТС.
4. Навести приклади та дати опис основних параметрів приймальних антен.
5. Навести приклади кінцевих пристроїв в структурі ППОС.
6. Дати визначення радіоприймача.
7. Дати класифікацію радіоприймачів за різними ознаками.
8. Записати вираз для миттєвого значення АМ сигналу при тональній модуляції. Побудувати спектр.
9. Імпульсна модуляція. Показати різницю в спектрах прямокутного відео- та радіоімпульсу.
10. Показати викривлення спектра сигналу при розстроюванні радіоприймача відносно носійної частоти.

## Політика та контроль

### 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Матеріал освітньої компоненти «Бездротові технології інтелектуальної радіоапаратури» вивчається у восьмому семестрі на лекціях, практичних та лабораторних заняттях. Контроль якості опанування студентами дисципліни здійснюється шляхом проведення регулярного поточного контролю на лекціях, практичних та лабораторних заняттях, а також при проведенні заліку в кінці навчального семестру. Для захисту лабораторних робіт студент повинен підготувати протокол роботи із заповненими таблицями, графіками, висновками. Захист відбувається шляхом спілкування студента з викладачем індивідуально або у складі бригади. Студент має можливість отримати до 10 заохочувальних балів за виконання робіт, що пов'язані з удосконаленням матеріалу (лекційного курсу та лабораторних робіт, конспекту лекцій тощо) дисципліни. Семестрова атестація з дисципліни «Мультимедійні технології в радіозв'язку» проводиться у виді письмового заліку. Для оцінювання результатів успішності навчання студентів застосовується 100-бальна рейтингова система і університетська шкала.

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

Рейтинг студента з дисципліни у семестрі складається з балів, які він отримує:

- 1) за поточний контроль на лекціях (летучки);
- 2) за виконання та захист лабораторних робіт;
- 3) за виконання практичних робіт;
- 3) за відповіді на модульній контрольній роботі .

Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання

1. Поточний контроль на лекційних заняттях

Ваговий бал – 2. Максимальна кількість балів на всіх лекційних заняттях дорівнює  
 $2 \cdot 14 = 28$  балів.

Критерії оцінювання:

- повна відповідь на питання або правильно вирішене завдання – 2 бали;
- неповна відповідь на питання або частково правильно вирішене завдання – 1,75...1,25 бали;
- не дана відповідь на питання або невирішене завдання (вирішена зовсім невірно) – 1...0,25 балів;
- абсолютна невідповідність до заняття – 0 балів.

## 2. Лабораторні роботи

Максимальний ваговий бал за одну виконану й захищену лабораторну роботу – 5. Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи дорівнює:  $9 \cdot 5 = 45$  балів.

Критерії оцінювання:

а) Виконання роботи:

- повністю виконані всі етапи роботи – 5 балів;
- робота виконана більш ніж на 50 % – 4...3 балів;
- робота виконана менш ніж на 50 % – 2..1 бал;
- робота не виконана або виконана невірно – 1..0 балів.

б) Захист роботи:

- звіт по роботі оформлений відповідно до вимог і при захисті отримані відповіді на всі питання – 5 балів;
- звіт по роботі не оформлений відповідно до вимог і/або при захисті отримані відповіді більш ніж на 50 % всіх питань – 4,5...3,5 бали;
- звіт по роботі не оформлений відповідно до вимог і/або при захисті отримані відповіді менш ніж на 50 % всіх питань – 3...1 бал;

звіт по роботі не оформлений і/або при захисті не зміг відповісти ні на одне питання – 0 балів.

## 3. Робота на практичних заняттях

Максимальний бал за одне повністю виконане практичне заняття – 3. Максимальна кількість балів на всіх практичних заняттях дорівнює

$$3 \cdot 5 = 15 \text{ балів.}$$

Критерії оцінювання:

- повна відповідь на питання або правильно вирішене завдання – 3...2,5 бали;
- неповна відповідь на питання або частково правильно вирішене завдання – 2,25...0,5 балів;
- не дана відповідь на питання або невирішене завдання (вирішена зовсім невірно) – 0 балів.

#### 4. Модульний контроль

Максимальний ваговий бал за всю МКР дорівнює 12.

Критерії оцінювання:

- повні відповіді на всі поставлені питання – 12..11 балів;
- неповна відповідь на одне поставлене питання та повні відповіді на всі інші питання – 10...9 балів;
- неповні відповіді на два поставлених питання та повні відповіді на всі інші питання – 8...6 балів;
- неповні відповіді на всі поставлені питання – 5..1 балів;
- відсутність відповідей на поставлені питання – 0 балів.

#### 5. Штрафні й заохочувальні бали

##### 4.1. Заохочувальні бали:

- за участь в інститутській олімпіаді по дисципліні, модернізації лабораторних робіт, виконання завдань по вдосконаленню дидактичних матеріалів по дисципліні надається до 10 заохочувальних балів.

##### 4.2. Штрафні бали:

- за відсутність на лабораторному занятті без поважної причини – (-2) балів;
- за непідготовку до практичних занять – (-5) бали;
- за неявку на контрольну роботу без поважної причини – (-5) бали;
- за несвоєчасний захист (до заліку) кожної лабораторної роботи – (-2) балів за одну роботу.

#### 6. Розрахунок шкали рейтингу

Бали й оцінки (R) за роботу протягом семестру

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру становить:

$$R = 28 + 45 + 15 + 12 = 100 \text{ балів.}$$

Рейтингова оцінка доводиться до студентів на передостанньому занятті з дисципліни в семестрі.

Необхідною умовою одержання студентом заліку є його рейтинг, що повинен бути

$$RD \geq 60.$$

Студенти, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку 60 і більше балів, отримують відповідну до набраного рейтингу оцінку без додаткових випробувань.

Студенти, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку менше 60 балів, а також студенти, які бажають підвищити свою рейтингову оцінку, повинні скласти залік у вигляді залікової контрольної роботи. При цьому попередній рейтинг студента (за винятком балів за семестрове індивідуальне навчання) скасовується і він отримує оцінку з урахуванням результатів залікової контрольної роботи.

Умовою допуску до складання заліку є відсутність незарахованих лабораторних робіт, ДКР, практичних завдань та стартовий рейтинг студента не менше, ніж RC = 40 балів.

Сума рейтингових балів та балів за залікову контрольну роботу переводиться до залікової оцінки з дисципліни згідно з таблицею.

## 7. Залік

На заліку студенти виконують письмову залікову контрольну роботу. Білет містить три теоретичних питання та одну задачу. Максимальна кількість балів за залік - 100 балів. Кожне завдання містить три теоретичних запитання (завдання) і одну задачу. Кожне запитання (завдання) оцінюється у 25 балів за такими критеріями:

- «відмінно», повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь», (повне, безпомилкове розв'язування завдання) – 25...21 бали;

- «добре», достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь або є незначні неточності (повне розв'язування завдання з незначними неточностями) – 20..15 балів;

- «задовільно», неповна відповідь, не менше 50% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками) – 12...1 бал;

- «незадовільно», відповідь не відповідає умовам до «задовільно» – 0 балів.

### **Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою**

<b>Кількість балів</b>	<b>Оцінка</b>
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)**

Матеріал освітньої компоненти вивчається на лекціях і в процесі самостійної роботи, з регулярним контролем знань і вмінь студентів на лекційних та лабораторних заняттях. Поточний контроль знань здійснюється на лекційних та на лабораторних заняттях шляхом проведення 5...10-ти хвилинного контрольного зрізу знань на початку пари і за результатами виконання контрольних робіт. Підсумковий контроль знань студентів здійснюється на семестровому диференційному заліку. Теоретичний матеріал викладається на основі навчальних посібників, а методичні вказівки для виконання лабораторних робіт надається студентам на початку семестру. Реалізація викладання дисципліни вимагає наявності комп'ютерного класу з сучасною, постійно оновлюваною технічною базою, що забезпечує кожного студента окремим робочим місцем – комплектом базових пристроїв персонального комп'ютера. Наявність локальної мережі, виходу в мережу Інтернет та відповідного програмного забезпечення.

### **Опис матеріально-технічного та інформаційного забезпечення дисципліни**

Лекції проводяться в аудиторіях з проектором та екраном.

Практичні заняття проводяться в комп'ютерному класі з 12 комп'ютерів (Intel Celeron G540, 2.5 GHz, ОЗУ: 4 ГБ, HDD: 500 ГБ);



Додаткове обладнання: проектор Vivitek D551;

Програмне забезпечення: COMSOL Multiphysics v.5.4 (демо), Mathcad, MatLAB (Online).

Обладнання для лабораторних робіт:

Лабораторні столи Siemens; макети відповідно до змісту лабораторних робіт; осцилограф OWON PDS5022S; Мультиметр UT70A; вольтметр В7-27А

---

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

**Складено** [Дружинін В. А.](#);

**Ухвалено** кафедрою ПРЄ (протокол № 06/2023 від 22.06.2023 )

**Погоджено** методичною комісією факультету/ННІ (протокол № 06-2023 від 29.06.2023 )