



[RE-305] БЕЗДРОТОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ АПАРАТУРИ. ЧАСТИНА 1



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	2 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	3 кред. (Лекц. 18 год, Практик. 18 год, Лаб. 18 год, СРС. 36 год)
Семестровий контроль/контрольні заходи	Залік
Розклад занять	https://rozklad.kpi.ua
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лекц.: Перегудов С. М. , Практ.: Перегудов С. М. , Лаб.: Перегудов С. М. , СРС.: Перегудов С. М.
Розміщення курсу	https://classroom.google.com/c/NDEyNjQ0NDU5MDMx (код курсу: kp2yyzf)

Програма навчальної дисципліни

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

Сучасний розвиток телекомунікаційних систем, зокрема апаратури бездротового зв'язку,

збільшення їх функціональних можливостей вимагає широкого застосування пристроїв мікрохвильової техніки. Вони, крім обробки електричних сигналів, реалізують також функції різноманітних датчиків, виконавчих елементів та ін. Це дозволяє розробляти компактні функціональні системи в різних галузях науки і техніки.

Дисципліна «Бездротові технології інтелектуальної РА. Частина 1» належить до циклу професійно-практичної підготовки студентів першого (бакалаврського) рівню вищої освіти за спеціальністю «Телекомунікації та радіотехніка».

Метою викладання дисципліни є формування знань про мікрохвильові пристрої, що використовуються в системах бездротового зв'язку, пристроях та системах з розподіленими параметрами, розуміння методів генерування, передачі, перетворення радіосигналів такими пристроями та базові технологічні операції виробничого процесу.

Предметом дисципліни є найважливіші компоненти і пристрої мікрохвильової техніки, їх основні технічні характеристики, умови експлуатації та галузь застосування.

В результаті навчання у студента формуються:

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

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.

Вивчення дисципліни "Елементи інтелектуальної радіоелектронної апаратури" сприяє досягненню таких **програмних результатів 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 7 Грамотно застосовувати термінологію галузі телекомунікацій та радіотехніки.

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 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:

знати фізичні основи функціонування компонентів та пристроїв апаратури бездротового зв'язку; основні технічні характеристики найважливіших типів мікрохвильових пристроїв; основні методи їх моделювання та етапи розробки;

вміти користуватися набутими знаннями при проектуванні, розробці та експлуатації телекомунікаційної апаратури, до складу якої входять пристрої мікрохвильового діапазону; проводити аналіз перетворення сигналів в таких пристроїв.

Студенти **набувають досвіду** роботи з окремими компонентами телекомунікаційної техніки та їх застосуванням під час створення інтелектуальних систем різного функціонального призначення.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі

навчання за відповідною освітньою програмою)

Міждисциплінарні зв'язки обумовлені місцем дисципліни «Бездротові технології інтелектуальної РА. Частина 1» у програмі підготовки фахівців в галузі електроніки та телекомунікації. Вона базується на загальній підготовці студентів з фізики, математики. Дисциплінами професійного спрямування, що передують її вивченню, є: «Основи теорії кіл», «Електродинаміка та поширення радіохвиль».

Дисципліна «Бездротові технології інтелектуальної РА. Частина 1» забезпечує вивчення дисципліни першого (бакалаврського) рівня вищої освіти ступеня «Бездротові технології інтелектуальної РА. Частина 2» та другого (магістерського) рівня – «Моделювання мікро- і наноструктур», «Комп'ютерні мережі та засоби телекомунікацій», «Захист інформації в телекомунікаційних система».

3. Зміст навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин				
	Всього	у тому числі			СРС
Лекції		Практичні (семінарські)	Лабораторні роботи		
Розділ 1 Лінії передачі мікрохвильового діапазону та її властивості					
Вступ. Зміст і структура дисципліни	1	1	0	0	0
Тема 1.1 Особливості теорії довгих ліній	6	2	2	0	2
Тема 1.2 Лінії передачі мікрохвильового діапазону та їх властивості	9	1	2	3	3
Разом за розділом 1	16	4	4	3	5
Розділ 2 Узгоджувальні та частотно-вибірні кола мікрохвильових пристроїв					
Тема 2.1 Вузкосмугове узгодження мікрохвильових пристроїв мікрохвильового тракту	11	2	2	3	4
Тема 2.2 Методи та засоби широкосмугового узгодження мікрохвильових пристроїв	15	2	4	3	6
Тема 2.3 Мікрохвильові резонатори та фільтри	11	4	4	0	3
Разом за розділом 2	37	8	10	6	13
Розділ 3 Пристрої розподілу мікрохвильових сигналів та антени					
Тема 3.1 Засоби керування амплітудою мікрохвильових сигналів	11	2	2	3	4
Тема 3.2 Пристрої поділу потужності та передачі мікрохвильових сигналів	18	4	2	6	5
Разом за розділом 3	29	6	4	9	9
Модульна контрольна робота	2	0			2
Залік	6	0			6
Всього годин	90	18	18	18	36

4. Навчальні матеріали та ресурси

Рекомендована література

Базова

1. Бездротові технології інтелектуальної радіоапаратури: Радіоприймальні та радіопередавальні пристрої: Курс лекцій. [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ.

спеціальності 172 «Електронні комунікації та радіотехніка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: В.А. Дружинін, М.М. Степанов. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 599 с..

2. Бездротові технології інтелектуальної радіоелектронної апаратури. Частина 1 : Лабораторний практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 172 «Електронні комунікації та радіотехніка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: С. М. Перегудов. – Електронні текстові дані (1 файл: 4,23 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 70 с. Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (прот. № 4 від 19.01.2023 р.). Доступ: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/57245>..

3. Бездротові технології інтелектуальної радіоапаратури. Частина 1 : Домашня контрольна робота [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 172 «Електронні комунікації та радіотехніка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: С. М. Перегудов. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,21 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 31 с. Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (прот. № 5 від 23.02.2023 р.). Доступ: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/57246>.

4. 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..

Допоміжна

5. Шокало В.М., Правда В.І., Усін В.А., Вунтесмері В.С., Грецьких Д.В. Електродинаміка та поширення радіохвиль. Ч.1. Основи теорії електромагнітного поля: Підручник для студентів ВНЗ / За заг. ред. В.М.Шокало та В.І.Правди – Харків: ХНУРЕ; Колегіум, 2009 – 286 с.

6. Шокало В.М., Правда В.І., Усін В.А., Вунтесмері В.С., Грецьких Д.В. Електродинаміка та поширення радіохвиль. Ч.2. Випромінювання та поширення електромагнітних хвиль : Підручник для студентів ВНЗ / За заг. ред. В.М.Шокало та В.І.Правди – Харків: ХНУРЕ; Колегіум, 2010 – 435 с.

7. 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.

8. Ільницький Л.Я. Пристрої надвисоких частот та антени : Навч. посібн./ Ільницький Л.Я., Сібрук Л.В., Щербина О.А. – К: НАУ, 2013. – 188 с..

9. Дмитренко В. П. Пристрої НВЧ. Основи теорії: Монографія / Дмитренко В. П., Бугрова Т. І., Логачова Л. М. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2009. – 280 с.

10. Laverghetta, Thomas S. Microwaves and wireless simplified /Thomas S. Laverghetta. – 2nd ed. – Artech House Inc., 2005 – 288 p.

11. Hong Jia-Sheng. Microstrip filters for RF/microwave applications / Jia-Sheng Hong : 2nd ed. – Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2011. – 655 p.

Інформаційні ресурси

I. Microwaves101.com (Microwave Encyclopedia) [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.microwaves101.com>.

II. Microwave Journal [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.microwavejournal.com>.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
	РОЗДІЛ 1 ЛІНІЇ ПЕРЕДАЧІ МІКРОХВИЛЬОВОГО ДІАПАЗОНУ

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	<p>Зміст і структура дисципліни Область застосування та особливості конструкції радіотехнічних пристроїв і систем мікрохвильового діапазону. Поняття про мікрохвильовий тракт радіотехнічної системи. Його основні елементи та пристрої, їх класифікація та графічне позначення. Завдання на самостійну роботу: повторити матеріал лекції, звернути увагу на теми занять, види завдань і систему оцінювання роботи студентів. Література: [1, 6].</p>
	<p>Тема 1.1 Особливості теорії довгих ліній</p>
2	<p>Еквівалентна лінія передачі Поняття довгої мікрохвильової лінії передачі з Т-, Е- та Н-хвилями. Математична та фізична модель для опису процесів у довгих лініях. Еквівалентна лінія передачі як елемент мікрохвильового кола, її схема. Хвилі напруги та струму, їх поширення у довгій лінії. Режим біжучої хвилі. Коефіцієнт відбиття та коефіцієнт стоячої хвилі. Режим повного відбиття хвиль. Нормовані та ненормовані напруги, струми та опори для еквівалентної та реальних ліній передачі. Коротко замкнена та розімкнена лінія. Лінія без втрат, навантажена на активній та комплексний опори, їх вхідний опір. Конструктивне виконання навантажень для мікрохвильової лінії. Завдання на самостійну роботу: повторення матеріал лекції та опрацювання літературних джерел – провести аналіз особливостей довгих ліній передачі. Література: [1, 3, 4].</p>
3	<p>Властивості відрізків ліній передачі Відрізок лінії з навантаженням. Трансформування опору навантаження. Коротко замкнені та розімкнені на кінці відрізки лінії. Режим повного відбиття хвиль. Лінія з чисто активним та чисто реактивним навантаженням. Поняття коефіцієнту стоячої хвилі, його зв'язок з коефіцієнтом відбиття. Узгоджене та неузгоджене навантаження довгої лінії. Залежність імпедансу від частоти та довжини відрізка. Його реактивні властивості. Реалізація індуктивних та ємнісних елементів в мікрохвильових пристроях. Завдання на самостійну роботу: повторення матеріалу лекції та опрацювання літературних джерел, звернути увагу на залежність електричних параметрів відрізків ліній передачі від їх геометричних розмірів. Література: [1, 4, 6].</p>
	<p>Тема 1.2 Лінії передачі мікрохвильового діапазону та їх властивості</p>
4	<p>Основні типи мікрохвильових ліній передачі Основні положення теорії поширення електромагнітних хвиль у вільному просторі та в направляючих структурах (хвилеводах). Огляд основних ліній передачі мікрохвильового діапазону. Закриті лінії передачі (хвилеводи). Види коливачів (моди). Т-, Е- та Н-хвилі, їх властивості та зв'язок з типом лінії. Двопровідні лінії для швидкісної передачі інформації у комп'ютерних мережах (екранована та неекранована вита пара). Планарні лінії передачі як основа надвисокочастотних мікросхем. Формули для розрахунку основних параметрів. Мікросмужкова лінія передачі (МСП), її основні параметри та характеристики. Завдання на самостійну роботу: повторити матеріал лекції, опрацювання літературних джерел – вивчити формули розрахунку параметрів основних ліній передачі мікрохвильового діапазону. Література: [1, 6, 8].</p>
	<p>РОЗДІЛ 2 УЗГОДЖУВАЛЬНІ ТА ЧАСТОТНО-ВИБІРНІ КОЛА МІКРОХВІЛЬОВИХ ПРИСТРОЇВ</p>
	<p>Тема 2.1 Вузькосмугове узгодження мікрохвильових пристроїв мікрохвильового тракту</p>

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
5	<p>Вузькосмугові узгоджувальні кола на відрізках ліній передач Загальні питання узгодження: фізична та математична модель, зменшення максимально припустимої величини потужності, методи узгодження (метод створення додаткового відбиття, метод поглинання відбитої хвилі, метод поглинання падаючої та відбитої хвилі. Чвертьхвильовий трансформатор, порядок його розрахунку. Поняття шлейфа. Послідовний та паралельний шлейфи як узгоджувальні елементи. Використання в узгоджувальному колі двох та трьох шлейфів. Діаграма Сміта як засіб для розрахунку узгоджувальних кіл. Математичні основи та властивості діаграми. Представлення комплексних опорів та провідностей. Порядок розрахунку параметрів узгоджувальних шлейфів за допомогою діаграми. Особливості її використання для узгоджувальних кіл для пристроїв з від'ємним опором (генераторів). Завдання на самостійну роботу: повторити матеріал лекції, опанувати основні методи узгодження вузлів мікрохвильового тракту, навчитися користуватись діаграмою Сміта. Література: [1, 6, 8].</p>
	<p>Тема 2.2 Методи та засоби широкосмугового узгодження мікрохвильових пристроїв</p>
6	<p>Ступінчасті та плавні переходи З'єднання пристроїв та відрізків ліній з різним активними та хвильовими опорами. Трансформація активної складової вхідного та вихідного опору пристроїв і хвильового опору лінії передачі до номінального значення. Ступінчатий та плавний трансформатор активних опорів. Порядок його розрахунку. Ступінчаті та плавні переходи для ліній передачі різних типів. Завдання на самостійну роботу: повторити матеріал лекції, запам'ятати основні види переходів для ліній передачі та освоїти основні методи їх розрахунку. Література: [1, 8].</p>
7	<p>Феритові пристрої Діелектричні та магнітні властивості феритних матеріалів у мікрохвильовому діапазоні. Ефект Фарадея. Невзаємні пристрої мікрохвильового тракту.. Класифікація феритових пристроїв. Хвилеводні феритові вентиля на резонансному поглинанні та зміщенні поля. Феритові циркулятори, особливості конструкції та принцип дії. Конструкції мікросмужкових невідмінних пристроїв Завдання на самостійну роботу: повторити матеріал лекції, запам'ятати схеми та освоїти основні методи розрахунку типових елементів МСТ. Література: [1, 4, 6].</p>
	<p>Тема 2.3 Мікрохвильові резонатори та фільтри</p>
8	<p>Об'ємні мікрохвильові резонатори Основні характеристики резонатора. Еквівалентна схема об'ємного резонатора з одним елементом зв'язку. Резонатори з розподіленими параметрами на відрізьку лінії передачі. Конструкції та параметри резонаторів. Прокідний резонатор з двома елементами зв'язку. Каскадне включення резонаторів. Література: [1, 4, 6].</p>
9	<p>Особливості проектування мікрохвильових фільтрів Основні терміни та визначення. Алгоритм синтезу еквівалентної схеми мікрохвильового фільтра. Прототип для синтезу фільтрів. Апроксимація Батерворта і Чебишова. Визначення вхідних втрат фільтра. Розрахунок еквівалентної схеми фільтра нижніх частот. Нормовані фільтри-прототипи нижніх частот. Визначення кількості елементів у схемі фільтра-прототипа та його основних параметрів. Література: [1, 6, 11].</p>

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
10	<p>Порядок розрахунку фільтрів мікрохвильового діапазону Особливості проектування мікрохвильових фільтрів на відрізках лінії передачі. Вибір лінії передачі. Перехід від фільтра-прототипа до фільтра нижніх частот. Визначення конструктивних параметрів елементів фільтра. Особливості конструкції та технології виготовлення. Вимоги до вибору матеріалів. Експериментальне визначення характеристик.</p> <p>Особливості розробки фільтрів верхніх частот та смугових фільтрів для систем мікрохвильового діапазону.</p> <p>Завдання на самостійну роботу: повторити матеріал лекції, порівняти методики розрахунку фільтрів нижніх та верхніх частот, а також смугових фільтрів.</p> <p>Література: [1, 5, 11].</p>
РОЗДІЛ 3 ПРИСТРОЇ РОЗПОДІЛУ МІКРОХВИЛЬОВИХ СИГНАЛІВ ТА АНТЕНИ	
Тема 3.1 Засоби керування амплітудою мікрохвильових сигналів	
11	<p>Механічні та електрично керовані атенюатори і модулятори на $p-i-n$ діодах Класифікація керувальних пристроїв. Механічні комутатори та атенюатори для коаксіальних ліній та прямокутних хвилеводів. Особливості побудови. Хвилеводні перемикачі. Принцип дії, еквівалентна схема напівпровідникової структури $p-i-n$ діода. Діоди корпусного та балочного (безкорпусного) виконання, їх основні параметри та особливості застосування. Методи розрахунку та побудови електрично керованих модуляторів та атенюаторів. Багато каналні перемикачі на основі $p-i-n$ діодів.</p> <p>Завдання на самостійну роботу: повторити матеріал лекції, пояснити принцип дії $p-i-n$ діода, привести приклади його застосування в мікрохвильовій техніці.</p> <p>Література: [1, 6, 8].</p>
Тема 3.2 Пристрої розподілу потужності та передачі мікрохвильових сигналів	
12	<p>Мости та дільники потужності Принцип дії кільцевого та модифікованого кільцевого мостів. Шестиполіусний дільник (суматор) потужності на зосереджених елементах та його реалізація у мікросмужковому виконанні. Методика розрахунку параметрів та топології пристрою.</p> <p>Завдання на самостійну роботу: повторити матеріал лекції, пояснити принципи дії пристроїв поділу потужності мікрохвильових сигналів.</p> <p>Література: [1, 6, 9].</p>
13	<p>Спрямовані відгалужувачі Визначення ідеального спрямованого відгалужувача. Типи спрямованих відгалужувачів. Характеристики реальних пристроїв. Шлейфні спрямовані відгалужувачі, принцип дії та конструкція у хвилеводному та мікросмужковому виконанні. Хвилеводні конструкції відгалужувачів. Мікросмужкові відгалужувачі. Відгалужувач Ланге. Застосування відгалужувачів у вимірювальній техніці мікрохвильового діапазону.</p> <p>Завдання на самостійну роботу: повторити матеріал лекції, пояснити принципи дії відгалужувачів більш поширених типів..</p> <p>Література: [1, 4, 6].</p>
14	<p>Основи теорії антен Основні характеристики та параметри антен. Загальні відомості про антени. Еквівалентна схема антени. Принцип взаємності. Потужність, що передається у навантаження. Ефективна поверхня антени. Шумова температура. Узгодження антени з приймальними та передавальними пристроями. Ближня і дальня зони випромінювання антени. Особливості розробки та виготовлення антен мікрохвильового діапазону.</p> <p>Завдання на самостійну роботу: повторити матеріал лекції, пояснити принцип визначення ближньої та далекої зони випромінювання антени.</p> <p>Література: [4, 6].</p>
15	<p>Особливості конструкції мікрохвильових антен Класифікація та характеристики мікрохвильових антен. Особливості проектування та виготовлення. Апертурні антени, принципи їх побудови та основні характеристики.</p> <p>Способи мініатюризації антен. Основні тенденції розвитку антенної техніки для телекомунікаційних систем. Друковані антени для терміналів мобільного зв'язку.</p> <p>Завдання на самостійну роботу: повторити матеріал лекції, пояснити особливості розробки мікрохвильових антен.</p> <p>Література: [1, 6].</p>

Практичні заняття

Дисципліна «Бездротові технології інтелектуальної РА. Частина 1» належить до циклу професійно-практичної підготовки, тому особлива увага надається практичній складовій процесу навчання.

Основною метою практичних занять є:

- поглиблення та закріплення теоретичних знань;
- опанування принципів проектування систем з розподіленими параметрами;
- вивчення методів розрахунку параметрів базових елементів мікрохвильового тракту телекомунікаційних систем та пристроїв;
- опанування методів визначення параметрів пристроїв функціональної електроніки
- набуття навичок оформлення графічної та текстової документації, що супроводжує виробу мікрохвильового діапазону.

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)
	Тема 1.1 Особливості теорії довгих ліній
1	Розрахунок комплексних імпедансів найпростіших кіл Завдання на самостійну роботу: повторити матеріал практичного заняття, навчитися розраховувати комплексний опір RLC -кіл, визначати їх частотні характеристики та освоїти методи розрахунку параметрів лінії передачі із зосередженими елементами. Література: [5, с. 7-10].
2	Визначення основних параметрів еквівалентної довгої лінії з навантаженням Завдання на самостійну роботу: повторити матеріал практичного заняття, навчитися розраховувати основні параметри еквівалентної довгої лінії з навантаженням, для різних режимів її роботи (вхідного опору та коефіцієнту відбиття Література: [5, с. 10-17, 25-37].
3	Розрахунок вхідних опорів і коефіцієнта відбиття відрізків еквівалентної довгої лінії та визначення для них еквівалентних параметрів Завдання на самостійну роботу: повторити матеріал практичного заняття; навчитися розраховувати основні електричні параметри відрізків еквівалентної довгої лінії. Література: [5, с. 17-25].
	Тема 1.2 Лінії передачі мікрохвильового діапазону та їх властивості
4	Визначення параметрів прямокутного, круглого та коаксіального хвилеводів Завдання на самостійну роботу: повторити матеріал практичного заняття; навчитися розраховувати основні параметри хвилеводних ліній передачі Література: [5, с. 38-44, 49-60]
	Тема 2.1 Вузькосмугове узгодження мікрохвильових пристроїв мікрохвильового тракту
5	Розрахунок параметрів відрізків мікросмугової лінії Завдання на самостійну роботу: повторити матеріал практичного заняття, провести розрахунок довжини хвилі та хвильового опору в мікросмугової лінії передачі. Література: [5, с. 67-74].
6	Представлення імпедансів відрізків ліній передачі на діаграмі Сміта Завдання на самостійну роботу: повторити матеріал практичного заняття; навчитися задавати точки на діаграмі Сміта, що відповідають певним значенням імпеданса (адмітанса); розраховувати імпеданси (адмітанси) відрізків довгих ліній заданої довжини. Література: [10, с. 5-24].
	Тема 2.2 Методи та засоби широкосмугового узгодження мікрохвильових пристроїв
7	Розрахунок узгоджувальних кіл на відрізках довгих ліній для мікрохвильових пристроїв за допомогою діаграми Сміта Завдання на самостійну роботу: повторити матеріал практичного заняття та основні теоретичні положення, навчитися розраховувати основні параметри узгоджувальних кіл за допомогою діаграми Сміта. Література: [10, с.52-68].

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)
8	Визначення електричних характеристик хвильового резонатора Завдання на самостійну роботу: повторити матеріал практичного заняття, вивчити порядок розрахунку полого хвильового резонатора та його елементів зв'язку. Література: [5, с. 51-54].
	Тема 2.3 Мікрохвильові резонатори та фільтри
9	Розрахунок НВЧ фільтрів нижніх частот. Визначення параметрів фільтра-прототипа Завдання на самостійну роботу: повторити матеріал практичного заняття, навчитися визначати параметри фільтра-прототипа за заданими параметрами мікрохвильового фільтра нижніх частот. Література: [5, с. 209-223].
10	Розрахунок конструкції ФНЧ на відрізках коаксіальної та мікросмушкової лінії Завдання на самостійну роботу: повторити матеріал практичного заняття, навчитися визначати параметри конструкції мікрохвильового фільтра нижніх частот за розрахованими параметрами фільтра-прототипа для ліній передачі з Т-хвилею, знати особливості проектування фільтрів на відрізках хвильоводів з Е- та Н-хвилями. Література: [5, с. 230-241].
11	Розрахунок конструкції ФВЧ та смугового фільтра мікрохвильового діапазону Завдання на самостійну роботу: повторити матеріал практичного заняття, знати особливості проектування мікрохвильових фільтрів верхніх частот та смугових фільтрів, уміти визначати для них фільтри-прототипи та розраховувати параметри конструкції фільтрів на розподілених елементах. Література: [5, с. 223-230, 241-252].
12	Розрахунок ступінчастих трансформаторів імпедансів мікрохвильового діапазону Завдання на самостійну роботу: повторити матеріал практичного заняття, освоїти методику розрахунку електричних та конструктивних параметрів ступінчастих трансформаторів імпедансів (переходів) на відрізках мікросмушкової лінії та інших ліній передачі. Література: [5, с. 252-257].
	Розрахунок плавних переходів мікрохвильового діапазону Завдання на самостійну роботу: повторити матеріал практичного заняття, освоїти методику розрахунку електричних та конструктивних параметрів ступінчастих трансформаторів імпедансів (переходів) на відрізках мікросмушкової лінії та інших ліній передачі. Література: [5, с. 252-257].
	Тема 3.1 Засоби керування амплітудою мікрохвильових сигналів
13	Визначення електричних параметрів мікросмушкового перемикача на $p-i-n$ діоді Завдання на самостійну роботу: повторити матеріал практичного заняття, навчитися розраховувати електричні та конструктивні параметри мікросмушкового перемикача на $p-i-n$ діоді на два положення. Література: [8, с. 106-109], [9, с. 244-250].
	Тема 3.2 Пристрої поділу потужності та передачі мікрохвильових сигналів
14	Визначення основних характеристик рупорної антени Завдання на самостійну роботу: повторити матеріал практичного заняття, навчитися визначати основні параметри мікрохвильових антен на прикладі рупорної антени. Література: [8, с. 241-250], [9, с. 203-228].

Лабораторні заняття

Основна мета лабораторних занять:

- перевірка набутих теоретичних знань на практиці;
- набуття навичок роботи з вимірювальними приладами та обладнанням;
- вивчення методів вимірювання параметрів та експериментальне визначення основних характеристик мікрохвильових пристроїв;
- набуття навичок оцінки експериментальних даних та оформлення висновків.

№ з/п	Назва лабораторної роботи	Кількість ауд. годин
1	Вимірювання характеристик нерегулярностей НВЧ тракту методом зміщення вузлів Завдання на самостійну роботу: підготуватися до лабораторної роботи, використавши матеріал методичних рекомендацій та лекцій 2, 3; виконати експериментальну частину роботи; оформити звіт і підготувати відповіді на контрольні запитання.	3
2	Вимірювання частотних характеристик НВЧ пристроїв панорамним аналізатором P2-69 Завдання на самостійну роботу: підготуватися до роботи, використавши матеріал методичних рекомендацій і лекції 5; виконати експериментальну частину роботи; оформити звіт та підготувати відповіді на контрольні запитання.	3
3	Дослідження характеристик феритового вентиля Завдання на самостійну роботу: підготуватися до роботи, використавши матеріал методичних рекомендацій і лекції 7; виконати експериментальну частину роботи; оформити звіт та підготувати відповіді на контрольні запитання.	3
4	Дослідження характеристик електрично керованого атенюатора Завдання на самостійну роботу: підготуватися до лабораторної роботи, використавши матеріал методичних рекомендацій та лекції 11; виконати експериментальну частину роботи; оформити звіт та підготувати відповіді на контрольні запитання.	3
5	Дослідження властивостей рамкової антени Завдання на самостійну роботу: підготуватися до лабораторної роботи, використавши матеріал методичних рекомендацій та лекції 14; виконати експериментальну частину роботи; оформити звіт та підготувати відповіді на контрольні запитання.	3
6	Дослідження характеристик дипольної антени Завдання на самостійну роботу: підготуватися до лабораторної роботи, використавши матеріал методичних рекомендацій та лекцій 14, 15; виконати експериментальну частину роботи; оформити звіт та підготувати відповіді на контрольні запитання.	3

6. Самостійна робота студента

Студенти виконують завдання для самостійної роботи, які зазначені у п. 5, а також в методичних рекомендаціях до практичних та лабораторних занять відповідно до календарного графіку навчального процесу. Протягом семестру ними має бути виконана домашня контрольна робота (ДКР). Приблизна тематика завдань на ДКР приведена у додатку п.9.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Правила відвідування занять

Лабораторні заняття є обов'язковими до відвідування та виконання завдання. У разі їх пропуску, має бути відпрацювання або під час консультації, або з іншими групами за попередньою домовленістю з викладачем.

У разі пропуску лекцій або практичного заняття, студент має виконати передбачені завдання та пройти співбесіду з викладачем за матеріалами пропущеного заняття. Співбесіда проводиться під час консультацій за розкладом. Матеріали лекції та практичних занять із завданнями розміщені на ресурсі Google classroom, доступ до якого студенти отримують на початку семестра.

Допуск до лабораторних занять та захист звіту про виконану роботу

Перед лабораторною роботою студенти проходять співбесіду з викладачем, за результатами якої приймається рішення про допуск до її виконання.

Захист звіту про проведену лабораторну роботу проходить на наступному за розкладом лабораторному занятті. Оцінка, яку студент отримує за лабораторне заняття складається з балів, одержаних під час допуску та захисту. Кількість балів вказана в рейтинговій системі оцінювання (п.8).

Захист ДКР

Захист ДКР проходить на консультаціях за розкладом в останні два тижні семестру або, за попередньою домовленістю з викладачем, в інший час. Оцінка за ДКР має дві складові: за пояснювальну записку та за відповіді під час захисту. Підсумкова оцінка оголошується під час захисту. Передача роботи проходить у додаткову сесію.

Заохочувальні та штрафні бали і політика щодо академічної доброчесності

Найбільш активні студенти, зокрема ті, що виконують зразково, завдання за матеріалами занять, можуть отримати від 1 до 10 балів до семестрового рейтингу.

Штрафні бали застосовуються, якщо студент видає результати чужої роботи за власні. У цьому разі він має виконати завдання повторно.

Політика дедлайнів і перескладень

Терміни заліку та перескладень визначається розкладом, затвердженим деканом факультету.

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

Перед другою атестацією студенти виконують модульну контрольну роботу (МКР). Завдання МКР складається з питань, що виносяться на семестровий контроль (п.9), за виключенням тих, які не були розглянуті на заняттях.

Навчальним планом дисципліни «Бездротові технології інтелектуальної РА. Частина 1 радіоелектроніки» передбачено таку рейтингову систему оцінювання успішності студентів.

Рейтинг студента складається з балів (за 100-бальною шкалою), які він отримує за:

1. поточний контроль засвоєння лекційного матеріалу (у середньому 7 відповідей кожного студента);
2. відповіді на практичних заняттях (у середньому 7 відповідей кожного студента);
3. виконання та захист лабораторних робіт;
4. модульну контрольну роботу (МКР);
5. відповідь на екзамені.

Кількість балів та критерії оцінювання визначаються таким чином.

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

Перед другою атестацією студенти виконують модульну контрольну роботу (МКР). Завдання МКР складається з питань, що виносяться на семестровий контроль (п.9), за виключенням тих, які не були розглянуті на заняттях.

Рейтинг студента складається з балів (за 100-бальною шкалою), які він отримує за:

1. поточний контроль засвоєння лекційного матеріалу (у середньому 5 відповідей кожного студента);

2. відповіді на практичних заняттях (у середньому 5 відповідей кожного студента);
3. виконання та захист 6 лабораторних робіт;
4. домашню контрольну роботу (ДКР);
5. модульну контрольну роботу (МКР).

Кількість балів та критерії оцінювання визначаються таким чином.

Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання

1. Поточний контроль на лекціях

Ваговий бал – 2. Максимальна кількість балів за 16 лекцій дорівнює:

2 бали \cdot 5 = 10 балів.

Критерії оцінювання :

- повна відповідь..... 2 бали;
- задовільна відповідь..... 1 бал;
- незадовільна відповідь..... 0 балів.

2. Робота на практичних заняттях

Ваговий бал – 2. Максимальна кількість балів на всіх практичних заняттях (за винятком 1-го) дорівнює:

2 бали \cdot 5 = 10 балів.

Критерії оцінювання :

- повна відповідь..... 2 бали;
- задовільна відповідь..... 1 бал;
- незадовільна відповідь..... 0 балів.

3. Лабораторні роботи

Ваговий бал – 5. Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи дорівнює: 5 балів \cdot 6 = 30 балів.

По кожній із лабораторних робіт оцінюються :

- а) підготовленість до роботи:
- б) виконання лабораторної роботи:
- в) захист роботи:

4. Модульна контрольна робота (МКР)

Ваговий бал – 20.

Критерії оцінювання:

- повні відповіді на всі контрольні запитання..... від 17 до 20 балів;
- правильні відповіді на більшість контрольних запитань..... від 10 до 16 балів;
- неправильні відповіді на більшість контрольних запитань..... від 0 до 9 балів.

5. ДКР

Ваговий бал – 30.

Критерії оцінювання:

- повне розкриття теми завдання і володіння нею з відображенням власної позиції та відповідним оформленням роботи..... від 25 до 30 балів;
- достатнє розкриття теми завдання з незначними помилками.. від 16 до 24 балів;
- достатнє розкриття теми, допущені помилки, неякісне оформлення роботи,..... від 7 до 15 балів;
- неповне або поверхневе розкриття теми, неякісне оформлення роботи..... від 1 до 6 балів;
- тема не розкрита, завдання не виконано..... 0 балів.

Розрахунок (RD) рейтингу за семестр

Сума максимально можливих балів контрольних заходів (позиції 1-5) протягом семестру складає:

$R = 10 + 10 + 30 + 20 + 30 = 100$ балів.

Умови позитивної проміжної атестації

- Для отримання «зараховано» з першої проміжної атестації (8 тиждень) студент повинен набрати не менше ніж 16 балів («ідеальний» студент – 32 бали);
- Для отримання «зараховано» з другої проміжної атестації (14 тиждень) студент повинен набрати не менше ніж 32 бали («ідеальний» студент – 64 бали).

Максимальна сума балів складає 100. Необхідною умовою допуску до заліку є зарахування усіх лабораторних робіт і ДКР.

Для отримання заліку з кредитного модуля «автоматом» потрібно мати рейтинг не менш ніж 60 балів і зарахування усіх лабораторних робіт і ДКР.

Студенти, які наприкінці семестру мають рейтинг менше 60 балів, а також ті, хто хоче підвищити оцінку, виконують залікову контрольну роботу. При цьому до балів за РГР та лабораторні роботи слід додати бали за контрольну роботу, і ця рейтингова оцінка є остаточною. Завдання контрольної роботи складається з чотирьох запитань з різних розділів робочої програми з переліку, що наданий у методичних рекомендаціях до засвоєння кредитного модуля.

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)

Перелік питань, що виносяться на семестровий контроль:

1. Лінія передачі з різними типами навантажень (розподіл напруги, струму та коефіцієнту відбиття).
2. Вхідний опір навантаженої лінії передачі.
3. Математична модель лінії передачі.
4. Мікрохвильові лінії передачі. Основні характеристики та параметри.
6. Основні вимоги до ліній передачі мікрохвильового діапазону.
7. Регулярні та однорідні лінії передачі, їх основні параметри.. Приклади.
8. Коаксіальні лінії, характеристики. Переваги та недоліки.
9. Переваги і недоліки хвилеводних ліній.
10. Параметри та характеристики прямокутного та круглого хвилеводів.
11. Основні типи хвиль прямокутного та круглого хвилеводів.
12. Основні типи стрічкових ліній. Картини силових ліній поля.
13. Мікросмужкова лінія, її параметри та особливості застосування.
14. Квазі-статичний метод розрахунку параметрів мікросмужкової лінії.
15. Типи неоднорідностей основних ліній передачі мікрохвильового діапазону.
16. Основні методи зменшення паразитних реактивностей.
17. Основні види узгоджувальних кіл мікрохвильового діапазону, їх особливості.
18. Властивості чвертьхвильових відрізків ліній. Чвертьхвильовий трансформатор.
19. Узгодження резистивних та комплексних навантажень зосередженими елементами. Діаграма Сміта.
20. Ефект Фарадея у намагніченому фериті.
21. Феритові вентиля на зміщенні поля. Конструкція та принцип їх роботи.
22. Резонансний феритовий вентиль. Будова та принцип дії.

23. Конструкція, принцип дії та основні параметри прямокутного об'ємного резонатора.
24. Конструкція, принцип дії та основні параметри циліндричного об'ємного резонатора.
25. Власна і навантажена добротність об'ємного резонатора.
26. Типи об'ємних резонаторів та елементи зв'язку їх з лініями передачі.
27. Робочі параметри мікрохвильових фільтрів.
28. Основні характеристики мікрохвильових фільтрів.
29. Синтез мікрохвильових фільтрів. Нормалізація опору та частоти.
30. Методика розрахунку мікрохвильових фільтрів нижніх частот.
31. Методика розрахунку мікрохвильових фільтрів верхніх частот.
32. Синтез мікрохвильових фільтрів. Нормалізація смуги пропускання.
33. Реалізація смугових фільтрів у мікрохвильовому діапазоні.
34. Мікросмужкові смугові фільтри та їх основні характеристики.
35. Хвилеводні смугові фільтри, принцип роботи, еквівалентні схеми, основні параметри.
36. Принцип роботи p-i-n діодів.
37. Особливості конструкції p-i-n діодів мікрохвильового діапазону.
38. Основні типи мікрохвильових пристроїв на p-i-n діодах.
39. Хвилеводний атенюатор на розподіленому p-i-n діоді.
40. Багатоканальний перемикач в мікросмужковому виконанні.
41. Шестиполюсні мікрохвильові пристрої (трійники) та їх еквівалентні схеми.
42. Подвійний T-міст та його застосування.
43. Мікросмужкові мости: шлейфовий та гібридне кільце. Будова, принцип роботи та основні характеристики.
44. Дільники потужності та частот мікрохвильового діапазону. Приклади.
45. Мікросмужковий шестиполюсний дільник потужності та його основні характеристики.
46. Хвилеводний шестиполюсний дільник потужності та його основні характеристики.
47. Спрямовані відгалужувачі. Принцип роботи та основні параметри.
48. Двохщільний спрямований відгалужувач.
49. Спрямований відгалужувач Бете.
50. Хвилеводні та мікросмужкові спрямовані відгалужувачі зі слабким зв'язком. Конструктивні особливості та робочі параметри.
51. Штирові відгалужувачі на зв'язаних лініях та їх робочі параметри.
52. Класифікація антенних систем.
53. Амплітудна та фазова діаграми антени.
54. Частотна характеристика антени.
55. Принцип взаємності антен.
56. Основні параметри та характеристики приймальних антен (ширина діаграми спрямованості, ККД, коефіцієнт підсилення, ефективна площа антени).
57. Рупорні антени та її основні параметри.
58. Основні типи елементарних мікросмужкових випромінювачів.
59. Мікросмужковий вібратор.
60. Принцип дії та основні характеристики мікросмужкової щільної антени.
61. Мікросмужкова прямокутна антена, її основні характеристики.
62. Принцип роботи та основні характеристики антени Вівальді.

Приблизна тематика завдань на ДКР

Імпеданс навантаження коаксіального кабелю на частоті складає (див. табл. 1).

1. Визначити:

1) вхідний опір неузгодженої лінії у вузлу та пучності;

2) параметри узгоджувального кола, яке складається з елементів зазначених у варіанті завдання (табл. 1);

3) амплітудно-частотну характеристику узгодженого навантаження.

2. Привести ескіз розрахованого узгоджувального кола.

3. Зробити висновки за результатами розрахунку та запропонувати рекомендації щодо технології виготовлення узгоджувального.

При виконанні завдання використовувати демоверсію програми *Smith v4.0* або інше програмне забезпечення за умови попереднього узгодження з викладачем.

Таблиця 1 — Варіанти завдань ДКР

Варіант	Елементи узгодження	Кабель		f, ГГц	Z ₀ , Ом
		Тип	d, мм		
1	OS	PK 50-3-a90B	1,05	1,0	25+j25
2	SS	PK 50-3-a90B	1,05	1,5	30 - j25
3	L, C	PK 50-3-a90B	1,05	2,0	75+j30
4	L, C	PK 50-3-a90B	1,05	2,5	100 - j25
5	OS	PK 50-4,8-a90П	1,72	1,0	20 + j45
6	SS	PK 50-4,8-a90П	1,72	1,5	40 - j55
7	L, C	PK 50-4,8-a90П	1,72	2,0	60+ j25
8	L, C	PK 50-4,8-a90П	1,72	2,5	130 - j25
9	OS	PK 75-4,8-a60B(П)	1,12	1,0	45 + j60
10	SS	PK 75-4,8-a60B(П)	1,12	1,5	30 - j25
11	L, C	PK 75-4,8-a60B(П)	1,12	2,0	80 + j15

Примітки: OS – розімкнений шлейф; SS – коротко замкнений шлейф; L, C – зосереджена індуктивність та ємність

Опис матеріально-технічного та інформаційного забезпечення дисципліни

Опис матеріально-технічного забезпечення дисципліни

Практичні заняття, в яких передбачено застосування програмного забезпечення, проводяться в комп'ютерних класах (402-17, 404-17), які мають 18 робочих місць з інстальованими програмами. Для виконання завдань практичних занять розроблено методичні рекомендації, які розміщені в Google classroom.

Лабораторні заняття проводяться у навчальній лабораторії (301-17) з макетами для виконання робіт, зазначених у п. 5. Методичні рекомендації до робіт розміщені в Google classroom.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено [Перебудов С. М.](#);

Ухвалено кафедрою ПРЕ (протокол № 06/2023 від 22.06.2023)

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