

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

(найменування центрального органу виконавчої влади у сфері освіти і науки)

Національний університет «Запорізька політехніка»

(повне найменування закладу вищої освіти)

Кафедра «Радіотехніка та телекомунікації»

(найменування кафедри, яка відповідає за дисципліну)

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Перший проректор

Гугнін Е.А.

2020 року



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ППВ 05 Пристрої надвисоких частот та антени

(код і назва навчальної дисципліни)

спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»
(код і найменування спеціальності)

освітня програма (спеціалізація) Радіотехніка
(назва освітньої програми (спеціалізації))

інститут Інформатики та радіоелектроніки
(найменування інституту)

факультет Радіоелектроніки та телекомунікацій
(найменування факультету)

мова навчання Українська

2020 рік

Робоча програма з дисципліни «**Пристрої надвисоких частот та антени**» для студентів

спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка»,

освітня програма (спеціалізація) «Радіотехніка» .
(назва освітньої програми (спеціалізації))

« » _____, 20 року – _____ с.

Розробники: **Логачова Людмила Михайлівна**, старший викладач кафедри Радіотехніки та телекомунікацій.

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри Радіотехніки та телекомунікацій

Протокол від «23» червня 2020 року № 12

Завідувач кафедри Радіотехніки та телекомунікацій
(найменування кафедри)

«23» червня 2020 року С.Морцавка (Морцавка С.В.)
(підпис) (прізвище та ініціали)

Схвалено науково-методичною комісією факультету РЕТ за спеціальністю **172 «Телекомунікації та радіотехніка»**

Протокол від «27» серпня 2020 року № 1

«27» серпня 2020 року Голова В.Кабак (Кабак В.С.)
(підпис) (прізвище та ініціали)

_____ 2020 рік

1 Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітній ступінь	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 7	Галузь знань 17 Електроніка та телекомунікації	нормативна	
Модулів – 2	Спеціальність, освітня програма 172 Телекомунікації та радіотехніка ОП «Радіотехніка»	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 4		3,4-й	3,4-й
Індивідуальне науково-дослідне завдання _____ <small>(назва)</small>		Семестр	
Загальна кількість годин – 210		6,7-й	6,7-й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3 самостійної роботи студента – 4	Освітньо-кваліфікаційний рівень: Перший (бакалаврський)	Лекції	
		60 год.	12 год.
		Практичні, семінарські	
		год.	год.
		Лабораторні	
		30 год.	8 год.
		Самостійна робота	
120 год.	190 год.		
Індивідуальні завдання:			
год.			
Вид контролю: іспит			

Примітка.

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

- для денної форми навчання – 90/120;
- для заочної форми навчання – 20/190.

2 Мета навчальної дисципліни

Мета дисципліни. Засвоєння теоретичних понять, методів розрахунку, принципів побудови, функціонування трактів НВЧ і антен; підготовка до оволодіння сучасними методами автоматизованого проектування; отримання знань, навичок використання, основ теорії кіл НВЧ і теорії передавальних і приймальних антен на базі законів електродинаміки.

Завдання. Формування знань основ теорії антен, фізичних принципів побудови приладів НВЧ і конструкції антен різного призначення; освоєння методів аналізу та розрахунку різних діапазонів хвиль; формування вмінь та навичок по експериментальному дослідженню приладів НВЧ і антен, обробки результатів експерименту, роботи з сучасними вимірювальними приладами; отримання та закріплення навичок практичного застосування приладів НВЧ і антен в радіотехнічних системах різного призначення.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен отримати:

загальні компетентності:

- здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (ЗК-1);
- здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК-2);
- здатність спілкуватися державною мовою як усно так і письмово (ЗК-5);
- здатність працювати у команді (ЗК-6);
- здатність вчитися та оволодівати сучасними знаннями (ЗК-7);

фахові (професійні) компетентності:

- здатність розуміти сутність і значення інформації у розвитку сучасного суспільства (ПК-1);
- здатність вирішувати стандартні завдання професійної діяльності на основі інформаційної та бібліографічної культури зі застосуванням інформаційно-комунікаційних технологій із урахуванням основних вимог інформаційної безпеки (ПК-2);
- здатність використовувати нормативну та правову документацію, що стосується інформаційно-комунікаційних мереж, телекомунікаційних та радіотехнічних систем (закони України, технічні регламенти, міжнародні та національні стандарти, рекомендації Міжнародного союзу електрозв'язку і т.п.) (ПК-5);
- здатність здійснювати приймання та освоєння нового обладнання відповідно до чинних нормативів (ПК-9).

Результати навчання:

- вміння аналізувати, аргументувати, приймати рішення при розв'язанні спеціалізованих задач, та практичних проблем телекомунікацій та радіотехніки, які характеризуються комплексністю та неповною визначеністю умов (РН-1);
- вміння грамотно застосовувати термінологію в галузі телекомунікацій та радіотехніки (РН-7);

- вміння застосовувати міжособистісні навички для взаємодії з іншими людьми та залучення їх до командної роботи (РН-11);
- вміння знаходити, оцінювати та використовувати інформацію з різних джерел необхідну для розв'язання професійних завдань, включаючи відтворення інформації через електронний пошук (РН-18);
- вміння застосування фундаментальних і прикладних наук для аналізу та розробки процесів, що відбуваються в телекомунікаційних та радіотехнічних системах (РН-13);
- знати, методи розрахунку і вимірювання параметрів основних лінійних пасивних приладів НВЧ діапазону;
- знати методи рішення крайових задач для рівнянь Максвелла;
- знати основні параметри антен, методи їх розрахунку і вимірювання;
- вміти на основі аналізу заданих технічних вимог зробити вибір необхідного типу антен і фідерної лінії;
- вміти проектувати прилади НВЧ, лінії передачі і антени за допомогою персональних обчислювальних машин і стандартних пакетів прикладних програм (наприклад HFSS, MIMO).

Зв'язок з іншими дисциплінами.

Для успішного засвоєння студентами курсу "Пристрої НВЧ та А" необхідне знання основних курсів вищої математики, фізики, технічної електродинаміки. З курсу вищої математики використовуються елементи диференціального та інтегрального обчислення. З курсу фізики при вивченні даної дисципліни використовуються наступні розділи: електродинаміка, електростатика. З курсу "Технічна електродинаміка" – основні рівняння електродинаміки, граничні умови.

3 Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1.

Тема 1. Вступ.

Побудова вхідних кіл сучасних радіотехнічних систем. Розподільчо-формувальні системи.

Тема 2. Універсальна модель та режими роботи.

Різновиди ліній передачі (ЛП), їх основні властивості. Здійснення переходу до універсальної моделі ЛП. Режими роботи ЛП (режим короткого замикання та холостого ходу). Вплив навантаження. Повні нормовані напруги, струми, опори та провідності ЛП. Вплив втрат в ЛП на режими її роботи.

Тема 3. Трансформувальні властивості коротких відрізків ЛП.

Закон трансформації опору короткими відрізками ЛП. Чвертьхвильовий, півхвильовий трансформатори. Діаграма Вольперта-Сміта. Відбиття в лінії. Коефіцієнт відбиття.

Тема 4. Використання відрізків ЛП для створення фільтрів НВЧ (ФНВЧ).

Реактивні шлейфи, їх властивості та використання. Порівняння властивостей шлейфів КЗ і ХХ. Різновиди фільтрів НВЧ. Проектування ФНВЧ. Параметри ФНВЧ.

Тема 5. Багатополосники (БП) та їх матриці параметрів.

Основні визначення. Методи опису режимів: класичний, хвилевий, зв'язок між ними. Матриця розсіювання (МР) БП НВЧ. Матриця опорів (МО) БПНВЧ, матриця провідностей. Матриця передавання для чотиріполосників. Взаємозв'язок між матрицями.

Змістовий модуль 2.

Тема 6. Загальні властивості БП НВЧ та їх матриць параметрів.

Загальні властивості БП НВЧ та їх матриць параметрів. Вплив положення площини відліку фази (ПВФ) на матриці параметрів БП НВЧ. Властивість взаємності БП НВЧ. Властивість недисипативності БП НВЧ. Властивість симетрії БП НВЧ, її матриці симетрії. Застосування МСАЗ для розрахунку власних параметрів зв'язаних несиметричних смушкових ліній (НСЛ).

Тема 7. Використання основних властивостей БП НВЧ та їх матриць параметрів.

Використання ВНД та симетрії для дослідження та аналізу БП НВЧ. Використання властивостей комутативності матриць \hat{S} та \hat{G} .

Властивість взаємностей БП НВЧ, властивість недисипативності (ВНД), властивість симетрії БП НВЧ. Метод симетричного та антисиметричного збудження (МСАЗ): симетричного збудження (СЗ) та асиметричного збудження (АСЗ). Знаходження матриці розсіювання (МР) симетричного багатополосника.

Тема 8. Використання властивостей симетрії для дослідження та аналізу БП НВЧ.

Трьохходові вузли НВЧ: взаємні та невзаємні шестиполосники та їх властивості (циркуляторі). Чотирьохходові узгоджені вузли НВЧ та їх загальні властивості (різновиди спрямованих відгалужувачів). Канонічна матриця розсіювання МР для СВ. Знаходження МР кільцевого СВ, шлейфового, хвилеводного щілинного СВ, СВ на зв'язаних ЛП. Застосування СВ в трактах НВЧ (рефлектометр, квадратурний сильно спрямований міст, подвійний хвилеводний трійник).

Тема 9. Методи розрахунку з'єднань БП НВЧ.

З'єднання БП НВЧ, описаних МО та МП. Каскадні з'єднання БП НВЧ описаних матрицею передавання класичної форми та матриці передавання хвилевій форми. Довільні з'єднання БП НВЧ. Матричний підхід. Орієнтовані графи (ОГ) для МР БП НВЧ. «Правила недотичного контуру».

Тема 10. Вимір параметрів пристроїв НВЧ. Вимірювальні лінії, панорамні вимірювачі АЧХ.

Вимірювальні лінії, їх принцип роботи, панорамні вимірювачі АЧХ.

Змістовий модуль 3.

Тема 11. Елементарні джерела електромагнітних хвиль.

Визначення та властивості елементарного випромінювача, елементарний (магнітний) вібратор, елемент Гюйгенса, щілинний випромінювач. Визначення напруженості поля у дальній зоні, характеристики та параметри елементарних випромінювачей. Діаграма спрямованості (ДС) елементарних випромінювачей.

Тема 12. Основні параметри передавальних антен.

Поле випромінювання антени в дальній зоні. Характеристики поля випромінювання (амплітудна, поляризаційна, фазова). Діюча довжина антени. Потужність і опір випромінювання антени. Коефіцієнт спрямованої дії (КНД) та коефіцієнт підсилювання (КП). Вхідний опір антени. Робоча смуга частот.

Тема 13. Основні параметри приймальних антен.

Застосування теореми взаємності до обґрунтування еквівалентної схеми антени. Струм, електрорушійна сила (ЕРС) у приймальній антені. Вхідний опір та ДС приймальної антени. Поляризаційне співвідношення при радіоприйомі. Потужність яка віддається в навантаження. Ефективна площа та діюча висота приймальної антени. Коефіцієнт використання площі антени. Коефіцієнт спрямованої дії, коефіцієнт підсилення приймальних антен. Шумова температура приймальної антени. Передача потужності між рознесеними антенами.

Тема 14. Вібраторні антени.

Симетричний вібратор. Визначення параметрів. Петлевий вібратор Пісталькорса. Несиметричні вібраторні антени, параметри характеристик. Коефіцієнт використання площі антени. Вплив електричної довжини антени, вплив Земної поверхні на параметри антен.

Тема 15. Зв'язані вібратори.

Діаграма спрямованості двох активних питомих вібраторів. Теорема перемноження характеристик випромінювання елемента на множник спрямованості системи випромінювачів. Сутність метода наведених ЕРС. Опір випромінювання та вхідний опір зв'язаних вібраторів (внесені та повні імпеданси вібраторів). Пасивно питомі вібратори – директори та рефлектори. Розрахунок струмів та налаштування пасивних вібраторів.

Змістовий модуль 4.

Тема 16. Хвилеводно-щілинні антени.

Резонансні та нерезонансні хвилеводно-щілинні антени, параметри і характеристики. Узгоджуючі пристрої діелектричні обтікачі.

Тема 17. Дзеркальні антени.

Різновиди дзеркальних антен, параметри, характеристики. Дводзеркальні антени (Грегори-Кассегрена) та ін. Методика розрахунку дзеркальних антен. Амплітудний та фазовий розподіли поля в розкритті. Види опромінювачей.

Тема 18. Хвилеводні та рупорні антени (апертурні).

Відкриті кінці хвилеводів в якості випромінювачів, їх застосування. Параметри прямокутних та круглих хвилеводних випромінювачів. Модернізація хвилеводних випромінювачів з цілю змінення їх спрямованих властивостей. Недоліки хвилеводних випромінювачів. Рупорні антени, їх застосування та класифікація. Розрахунок параметрів Е- та Н- секторальних рупорів. Оптимальні розміри для секторальних та конічних рупорів. Особливості конструювання рупорних антен.

Тема 19. Живлення та узгодження антен.

Вплив навантаження на режим роботи лінії. Неоднорідності у лінії передавання. Хвильові навантаження. Коефіцієнт рухомої хвилі (КРХ). Кругова діаграма повних опорів. Методи узгодження лінії з навантаження: узгодження метода безпосереднього вибору величин хвиле водного опору лінії, вузько смугове узгодження (реактивні шлейфи, чверть хвильові трансформатори), широко смугове узгодження реактивними елементами. Призначення фідерних ліній та основні вимоги до них. Чотирипровідна та двопровідна лінії. Основні конструктивні дані. Гранична потужність коаксіальної та двопровідної екранованої лінії.

Тема 20. Антенні решітки.

Різновиди антенних решіток. Визначення напруженості поля АР. Фазовані антенні решітки, параметри і характеристики. Множник решітки. Засоби керування діаграмою спрямованості антенної решітки.

4 Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		лк	пр	лаб	інд	с.р.		лк	пр	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Модуль 1												
Змістовий модуль 1												
Тема 1. Вступ	5	1				4	4					4
Тема 2. Універсальна модель та режими роботи	5	1				4	4					4
Тема 3. Трансформувальні властивості коротких відрізків ЛП	17	5		2		10	22	1		1		20
Тема 4. Використання	12	3		3		6	14	1		1		12

відрізків ЛП для створення фільтрів НВЧ (ФНВЧ)												
Тема 5. Багатополюсники (БП) та їх матриці параметрів	14	5		3		6	9	1				8
Всього за змістовим модулем 1	53	15		8		30	52	3		2		48
Змістовий модуль 2												
Тема 6. Загальні властивості БП НВЧ та їх матриць параметрів	10	4				6	12	2				10
Тема 7. Використання основних властивостей БП НВЧ та їх матриць параметрів	9	3				6	10					10
Тема 8. Використання властивостей симетрії для дослідження та аналізу БП НВЧ	11	2		3		6	12			2		10
Тема 9. Методи розрахунку з'єднань БП НВЧ	14	4		4		6	11	1				6
Тема 10. Вимір параметрів пристроїв НВЧ. Вимірювальні лінії, панорамні вимірювачі АЧХ	8	2				6	8					8
Всього за змістовим модулем 2	52	15		7		30	53	3		2		48
Модуль 2												
Змістовий модуль 3												
Тема 11. Методи розрахунку поля антен	7	3				4	4					4
Тема 12. Основні параметри передавальних антен	7	3				4	5	1				4
Тема 13. Основні параметри	15	3		2		10	23	1		2		20

приймальних антен											
Тема 14. Теорія вібраторних антен	12	3		3		6	12				12
Тема 15. Зв'язані вібратори	12	3		3		6	8	1			7
Разом за змістовим модулем 3	53	15		8		30	52	3		2	47
Змістовий модуль 4											
Тема 16. Частотно-незалежні антени	9	3				6	10				10
Тема 17. Антени рухомої хвилі	9	3				6	11	1			10
Тема 18. Хвилеводні та рупорні антени	12	3		3		6	13	1		2	10
Тема 19. Живлення та узгодження антен	13	3		4		6	12	1		1	10
Тема 20. Антени для мобільного зв'язку	9	3				6	7				7
Разом за змістовим модулем 3	52	15		7		30	53	3		3	47
Усього годин	210	60		30		120	210	12		8	190

Тема 1, Тема 2, ... , Тема 20 – теми змістових модулів.

5 Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Дослідження неоднорідностей хвилеводів	4
2	Дослідження рупорної антени	4
3	Дослідження дзеркальної антени	4
4	Дослідження хвилеводних пристроїв з феритами	4
5	Дослідження хвилеводних спрямованих відгалужувачів	4
6	Дослідження антен поверхневих хвиль	3
7	Дослідження ФАР	4
8	Дослідження діелектричних антен	3
	Разом	30

6 Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Підготовка до лабораторних робіт (виконання розрахункового завдання до лабораторної роботи,	30

	ознайомлення з описом лабораторного стенду і приладів)	
2	Вивчення розділів лекційного курсу (вивчити конспект лекцій та рекомендовану літературу по темі)	25
3	Підготовка звітів до лабораторних робіт	25
4	Вивчення додаткових розділів дисципліни ПНВЧ та А	10
5	Підготовка до проміжного контролю (модулю)	10
6	Підготовка до виконання індивідуальних домашніх завдань за темами: Тема 1з. Методи узгодження в напрямних системах. Тема 2з. Вивчення діаграми Вольперта-Сміта. Тема 3з. Використання вимірювальної лінії та панорамних вимірювачів АЧХ.	5 5 5
7	Підготовка до іспиту	5
	Разом	120

7 Методи навчання

Поєднання (в різній мірі) пасивного, активного і інтерактивного методів на лекціях, лабораторних заняттях, консультаціях по індивідуальним домашнім завданням.

8 Методи контролю

Поточний, рубіжний, семестровий контроль (з урахуванням відвідування, виконання і захисту звітів по лабораторним роботам та індивідуальним домашнім завданням, тестуванні при здачі іспиту за 6-й та 7-й семестри).

9 Розподіл балів, які отримують студенти

Приклад для іспиту

Поточне тестування та самостійна робота										Сума
Змістовий модуль №1					Змістовий модуль № 2					
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	100
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	

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

Приклад для іспиту

Поточне тестування та самостійна робота										Сума
Змістовий модуль №1					Змістовий модуль № 2					
T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	100
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	

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

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
85-89	B	добре	
75-84	C		
70-74	D	задовільно	
60-69	E		
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
1-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

10 Методичне забезпечення

1. Збірник методичних вказівок до виконання лабораторних робіт з дисципліни “Пристрої НВЧ та антени”. Дослідження пристроїв НВЧ інтегрального типу для студентів спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» всіх форм навчання [Текст] / Укл. Логачова Л.М. -Запоріжжя: НУ«ЗП», 2020.-48с.

2. Збірник методичних вказівок до виконання лабораторних робіт з дисципліни “Пристрої НВЧ та антени”. Дослідження пристроїв НВЧ хвилеводного типу для студентів спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» всіх форм навчання [Текст] / Укл. Логачова Л.М. - Запоріжжя: НУ«ЗП», 2020 - 47с.

3. Методичні вказівки до лабораторної роботи “Дослідження рупорних антен” з дисципліни “Технічна електродинаміка, поширення радіохвиль та антенни” для студентів спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» всіх форм навчання [Текст] / Укл. Логачова Л.М. - Запоріжжя: НУ«ЗП», 2020 - 49 с.

4. Збірник методичних вказівок до виконання лабораторних робіт з дисципліни “Пристрої НВЧ та антени”. Дослідження неоднорідностей ПХ. для студентів спеціальності 172«Телекомунікації та радіотехніка» всіх форм навчання [Текст] / Укл. Логачова Л.М. -Запоріжжя: НУ«ЗП», 2020.-37с.

5. Конспект лекцій з дисципліни «Пристрої НВЧ та А» для студентів спеціальності 172 «телекомунікації та радіотехніка» усіх форм навчання. Частина 1-6 / укл., Дмитренко В.П., Логачова Л.М. – Запоріжжя, НУ ЗП, 2020 – 131 с.

6. Методичні вказівки до практичних та самостійних робіт з дисциплін “Пристрої НВЧ та антени”, «ТЕД, ПРХ та А» для студентів спеціальності 172

«Телекомунікації та радіотехніка» всіх форм навчання/ Укл.: Логачова Л.М., Бугрова Т.І.– Запоріжжя,: НУЗП, 2020 - 36с.

11 Рекомендована література

Базова

1. Сазонов Д.М. Устройства СВЧ [Текст]: учеб.пособие для вузов / Д.М. Сазонов, А.Н. Гридин, Б.А. Мишустин. – М.: Высшая школа, 1981. – 295 с.
2. Сазанов Д.М. Антенны и устройства СВЧ [Текст]: учебник для радиотехнических спец. вузов / Д.М. Сазанов. – М.: Высшая школа, 1988. – 432 с.
3. Дмитренко В.П. Пристрої НВЧ. Основи теорії [Текст]/ В.П. Дмитренко, Т.І. Бугрова, Л.М. Логачова. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2009. – 280 с.

Допоміжна

1. Фуско В. СВЧ цепи. Анализ и автоматизированное проектирование: пер. с англ. [Текст]/ В. Фуско – М.: Радио и связь, 1990. – 288 с.
2. Фролов О.П., Зеркальные антенны для земных станций спутниковой связи.[Текст]/О.П. Фролов, В.П. Вальд. – М.: Горячая линия – Телеком, 2008. – 496 с. ISBN 978-5-9912-0002-8.
3. Гошин Г.Г. Устройства СВЧ и антенны: Учебное пособие. В 2-х частях. – Томск: Томский межвузовский центр дистанционного образования, 2003. – Часть 2: Антенны. – 130 с.

13 Інформаційні ресурси

1. www.rtt.zntu.edu.ua