

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. С. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра інформаційно-комунікаційних технологій
ім. О.О. Зеленського (№ 504)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Керівник проектної групи/

Голова НМК



М.С. Зряхов

Голова кафедри

«29» серпня 2019 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА *ОБОВ'ЯЗКОВОЇ*
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

« Технічна електродинаміка та пристрої НВЧ »

НАВЧАЛЬНА ДИСЦИПЛІНА

Галузь знань: 17 «Електроніка та телекомунікації»

НАВЧАЛЬНА ДИСЦИПЛІНА

Спеціальність: 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

НАВЧАЛЬНА ДИСЦИПЛІНА

Освітня програма: «Радіоелектронні комп'ютеризовані засоби»

«Радіоелектронні пристрої, системи та комплекси», Технології та засоби
телекомунікацій», «Інформаційні мережі зв'язку

НАВЧАЛЬНА ДИСЦИПЛІНА

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Харків 2019 рік

Робоча програма «Технічна електродинаміка та пристрої НВЧ»

для студентів за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

освітньою програмою «Радіоелектронні комп'ютеризовані засоби»

«Радіоелектронні пристрої, системи та комплекси», Технології та засоби телекомунікацій», «Інформаційні мережі зв'язку

«15» червня 2019 р., – 9 с.

Розробник: Розробник: Тоцький О.В., професор, д.т.н., професор

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри

інформаційно-комунікаційних технологій ім. О.О. Зеденського

Протокол № 1 від 29 серпня 2019 р.

Завідувач кафедри д.т.н., професор

(науковий ступінь і вчене звання)

В.В. Лукін

(підпис)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показника	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)
Кількість кредитів – 5,5	<p style="text-align: center;">Галузь знань <u>17 «Електроніка та телекомунікації»</u> (шифр і найменування)</p> <p style="text-align: center;">Спеціальність <u>172 «Телекомунікації та радіотехніка»</u> (код і найменування)</p> <p style="text-align: center;">Освітня програма <u>«Радіоелектронні комп'ютеризовані засоби»</u> <u>«Радіоелектронні пристрої, системи та комплекси»,</u> <u>Технології та засоби телекомунікацій»,</u> <u>«Інформаційні мережі зв'язку»</u> (найменування)</p> <p style="text-align: center;">Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)</p>	Цикл професійної підготовки
Кількість модулів – 2		Навчальний рік
Кількість змістовних модулів – 2		2019/2020
Індивідуальне завдання <u>розрахункова робота</u> (назва)		Семестр
Загальна кількість годин – 72*/157		4-й
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4,5 самостійної роботи студента – 5,3		Лекції*
		48 годин
		Практичні, семінарські*
		8 годин
		Лабораторні*
	16 годин	
Самостійна робота		
85 годин		
Вид контролю		
модульний контроль, іспит		

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: 72/85

*Аудиторне навантаження може бути зменшене або збільшене на одну годину залежно від розкладу занять.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета вивчення: формування у студентів теоретичних, конструкторських та технологічних навиків і знань, необхідних для подальшого розвинення засобів проектування та виробництва електродинамічних структур НВЧ

Завдання: дати знання про характеристики електромагнітних хвиль діапазону НВЧ, розвинути навички самостійного розв'язання задач, що пов'язані з випромінюванням та поширенням радіохвиль.

Результати навчання:

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен:

знати:

- основні рівняння, принципи та теореми електродинаміки;
- засоби збудження електромагнітних хвиль у вільному просторі, в середовищах при наявності тіл, а також у хвилеводах, резонаторах та інших спрямовуючих системах;
- властивості електромагнітних хвиль, зокрема швидких та сповільнених хвиль у вільному просторі, при збудженні хвилеводів, уповільнюючи структур та резонаторів.
- основні положення, зв'язані з проникненням радіохвиль у різні середовища;
- основні закони електродинаміки – рівняння Максвелла, рівняння неперервності, закон Ома в диференційній формі;
- структури електромагнітного поля у хвилеводах;
- основні типи коливань у резонаторах НВЧ.

вміти:

- самостійно застосовувати основні методи та засоби для практичного розрахунку електромагнітних хвиль у різних середовищах;
- розрахувати узгодження ліній передачі НВЧ;
- визначати структури електромагнітних хвиль в типових пристроях НВЧ;
- самостійно вивчати нові розділи електродинаміки.

Міждисциплінарні зв'язки: : фізика

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1.

Змістовний модуль 1. Рівняння поширення електромагнітних хвиль у довгих лініях. Теорія електромагнетизму. Закони розповсюдження електромагнітних хвиль в напрямних системах.

Тема 1. Телеграфні рівняння. Характеристики довгої лінії.

Властивості діапазону НВЧ. Вирішення телеграфних рівнянь. Коефіцієнт придушення та фазовий коефіцієнт. Коефіцієнт відбиття. Довга лінія розімкнута на кінці. Лінія навантажена на реактивний опір (L або C). Лінія навантажена на активний опір.

Тема 2. Стоячі хвилі.

Опір навантаження. Імпеданс в максимумі та в мінімумі стоячої хвилі. Вимірювання навантажених імпедансів. Поняття хвилеводу. Переваги хвилеводів на НВЧ.

Тема 3. Основні закони електродинаміки.

Класифікація середовищ. Графічне зображення полів. Потенційні та вихрові поля. Основні закони електродинаміки – рівняння Максвелла, рівняння неперервності, закон Ома в

диференційній формі. Енергія електромагнітного поля. Густина енергії. Вектор Пойнтінга та його фізична інтерпретація. Граничні умови для векторів електромагнітного поля.

Тема 4. Особливості розповсюдження електромагнітних хвиль.

Плоскі хвилі в однорідному, поглинаючому та реальному діелектричному середовищах. Хвильові рівняння та їх розв'язання. Дисперсійне середовище. Фазова та групова швидкості, співвідношення між ними. Електромагнітні хвилі на межі розділення середовищ. Відбиття та заломлення при нормальному падінні.

Тема 5. Хвилі, що спрямовуються, та поля в обмежених середовищах.

Хвилі, що спрямовуються, аналітичне подання, хвильове рівняння. Типи хвиль. Характеристики дисперсних хвиль. Поширення хвиль між двома паралельними пластинами.

Тема 6. Хвилеводи.

Прямокутний хвилевід, поперечно – електричні та поперечно – магнітні хвилі, складові електромагнітного поля, особливості та основні параметри електромагнітної хвилі. Структура полів різних типів хвиль. Круглий хвилевід, розв'язання хвильового рівняння. Особливості та структура полів нижчих типів хвиль. Коаксіальна лінія. Структура поля хвилі ТЕМ. Хвилі вищих типів. Енергетичні задачі у спрямовуючих системах. Потужність, що передається по хвилеводах.

Модульний контроль

Змістовний модуль 2. Пристрої НВЧ: об'ємні резонатори та сповільнюючі структури. Електронні пристрої НВЧ.

Тема 1. Об'ємні резонатори.

Електромагнітні поля в об'ємних резонаторах. Поперечно – електричні та поперечно – магнітні коливання у прямокутному резонаторі. Добротність. Циліндричний резонатор, типи коливань, резонансні довжини хвиль, особливості нижчих типів коливань. Коаксіальні резонатори, резонансна довжина, добротність. Відкриті резонатори, особливості, добротність.

Тема 2. Сповільнюючі структури.

Електромагнітні хвилі у сповільнюючих структурах. Поняття сповільнюючих структур, повільні хвилі. Ребриста (гребінчаста) структура. Металева площа, покрита діелектриком.

Тема 3. Електронні пристрої НВЧ.

Принципи роботи пристроїв НВЧ з динамічним керуванням електронним потоком. Наведений та конвекційний токи. Об'ємні резонатори електронних приладів НВЧ. Пролітний клістрон. Багато резонаторні підсилювальні клістроли. Відбивний клістрон. Електронне переладнання частоти у підсилювальному клістріні. Сповільнюючі структури пристроїв НВЧ. Лампа рухомої хвилі (ЛРХ). Характеристики ЛРХ.

Модульний контроль

Модуль 2.

Розрахункова робота.

4. Структура навчальної дисципліни

Назва змістовного модуля і тем	Кількість годин				
	Усього	У тому числі			
		л	п	лаб.	с. р.
1	2	3	4	5	6
Модуль 1					
Змістовний модуль 1. Рівняння поширення електромагнітних хвиль у довгих лініях. Теорія електромагнетизму. Закони розповсюдження електромагнітних хвиль в напрямних системах.					
Тема 1. Телеграфні рівняння. Характеристики довгої лінії.	9	5			4
Тема 2. Стоячі хвилі.	14	5	3	2	4
Тема 3. Основні закони електродинаміки.	9	5			4
Тема 4. Особливості розповсюдження електромагнітних хвиль.	9	5			4
Тема 5. Хвилі, що спрямовуються, та поля в обмежених середовищах.	9	5			4
Тема 6. Хвилеводи.	17	5	3	4	5
Модульний контроль	1	1			-
Разом за змістовним модулем 1	68	31	6	6	25
Змістовний модуль 2. Пристрої НВЧ: об'ємні резонатори та сповільнюючі структури. Електронні пристрої НВЧ.					
Тема 1. Об'ємні резонатори.	12	5		2	5
Тема 2. Сповільнюючі структури.	12	5		2	5
Тема 3. Електронні пристрої НВЧ.	18	5	2	6	5
Модульний контроль	1	1			-
Разом за змістовним модулем 2	43	16	2	10	15
Усього годин	111	47	8	16	40
Модуль 2					
Індивідуальне завдання	45	-	-	-	45
Контрольний захід	1	1	-	-	-
Усього годин	157	48	8	16	85

5. Теми семінарських занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Не передбачено навчальним планом.	
	Разом	

6. Теми практичних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Походження стоячих хвиль. Коефіцієнт стоячої хвилі. Коефіцієнт відбиття.	
2	Структури хвиль різних типів у прямокутному та круглому хвилеводах.	
3	Закон взаємодії електронного потоку з НВЧ полем у пристроях НВЧ.	
	Разом	8

7. Теми лабораторних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Дослідження неоднорідностей у прямокутному хвилеводі.	
2	Дослідження характеристик прямокутного резонатору.	
3	Дослідження сповільнюючих структур.	
4	Дослідження дифракції хвиль на отворі та краю екрана.	
5	Дослідження характеристик відбивного клістрона	
6	Дослідження характеристик лампи рухомої хвилі	
	Разом	16

8. Самостійна робота

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Телеграфні рівняння. Характеристики довгої лінії.	4
2	Стоячі хвилі.	4
3	Основні закони електродинаміки.	4
4	Особливості розповсюдження електромагнітних хвиль.	4
5	Хвилі, що спрямовуються, та поля в обмежених середовищах.	4
6	Хвилеводи.	5
7	Об'ємні резонатори.	5
8	Сповільнюючі структури.	5
9	Електронні пристрої НВЧ.	5
10	Виконання розрахункової роботи.	45
	Разом	85

9. Індивідуальні завдання

Виконання розрахункової роботи.

10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, лабораторних занять, індивідуальні консультації (при необхідності), самостійна робота студентів за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники).

11. Методи контролю

Проведення поточного контролю, письмового модульного контролю, фінальний контроль у вигляді іспиту.

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

12.1. Розподіл балів, які отримують студенти (кількісні критерії оцінювання)

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Робота на лекціях	0...0,5	15	0...7,5
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	1...1,5	12	12...18
Модульний контроль	11...12	1	11...14
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0...0,5	7	0...3,5
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	1...1,5	12	7...18
Модульний контроль	11...12	1	11...14
Виконання і захист РР	19...19	1	19...25
Усього за семестр			60...100

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту/заліку. Під час складання семестрового іспиту студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту складається з 2 теоретичних завдань. Максимальна кількість балів за одне завдання – 50

12.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

- основні рівняння, принципи та теореми електродинаміки;
- засоби збудження електромагнітних хвиль у вільному просторі, в середовищах при наявності тіл, а також у хвилеводах, резонаторах та інших спрямовуючих системах;
- властивості електромагнітних хвиль, зокрема швидких та сповільнених хвиль у вільному просторі, при збудженні хвилеводів, уповільнюючи структур та резонаторів.
- основні положення, зв'язані з проникненням радіохвиль у різні середовища;
- основні закони електродинаміки – рівняння Максвела, рівняння неперервності, закон Ома в диференційній формі;
- структури електромагнітного поля у хвилеводах;

- основні типи коливань у резонаторах НВЧ.

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки:

- самостійно застосовувати основні методи та засоби для практичного розрахунку електромагнітних хвиль у різних середовищах;
- розрахувати узгодження ліній передачі НВЧ;
- визначати структури електромагнітних хвиль в типових пристроях НВЧ;
- самостійно вивчати нові розділи електродинаміки.

12.3 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

Задовільно (60-74). Показати мінімум знань та умінь. Захистити розрахункову роботу та здати модульні контрольні. Відпрацювати та захистити всі лабораторні роботи та домашні завдання.

Добре (75-89). Твердо знати мінімум знань, виконати усі завдання. Показати вміння виконувати та захищати всі лабораторні роботи в обумовлений викладачем строк з обґрунтуванням рішень та заходів, які запропоновано у роботах.

Знати основну інформацію про основні рівняння, принципи та теореми електродинаміки, засоби збудження електромагнітних хвиль у вільному просторі, в середовищах при наявності тіл, а також у хвилеводах, резонаторах та інших спрямовуючих система, властивості електромагнітних хвиль, зокрема швидких та сповільнених хвиль у вільному просторі, при збудженні хвилеводів, уповільнюючи структур та резонаторів, основні положення, зв'язані з проникненням радіохвиль у різні середовища, основні закони електродинаміки – рівняння Максвелла, рівняння неперервності, закон Ома в диференціальній формі, структури електромагнітного поля у хвилеводах, основні типи коливань у резонаторах НВЧ.

Уміти оперативно самостійно застосовувати основні методи та засоби для практичного розрахунку електромагнітних хвиль у різних середовищах, розрахувати узгодження ліній передачі НВЧ, визначати структури електромагнітних хвиль в типових пристроях НВЧ, самостійно вивчати нові розділи електродинаміки.

Відмінно (90-100). Здати всі контрольні точки з оцінкою «відмінно». Досконально знати всі теми та уміти застосовувати їх. Орієнтуватися у підручниках та посібниках.

Шкала оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит, диференційований залік	Залік
90 – 100	Відмінно	Зараховано
75 – 89	Добре	
60 – 74	Задовільно	
0 – 59	Незадовільно	Не зараховано

13. Методичне забезпечення

Конспекти лекцій з навчальної дисципліни в електронному вигляді.

Електронний ресурс (nmk@khai.edu), на якому розміщено навчально-методичний комплекс дисципліни, який включає в себе:

Обов'язкові складові:

- робоча програма дисципліни;
- конспект лекцій, підручники (навчальні посібники), в тому числі в електронному вигляді, які за змістом повністю відповідають робочій програмі дисципліни;
- методичні вказівки та рекомендації для виконання курсових робіт та проектів, розрахункових та розрахунково-графічних робіт, лабораторних та практичних робіт, а також рекомендації для самостійної підготовки;
- тематики індивідуальних завдань;
- приклади розв'язування типових задач чи виконання типових завдань;
- питання, тести для контрольних заходів;
- каталоги інформаційних ресурсів;

Додаткові складові НМКД (за необхідністю):

- збірники ситуативних завдань (кейсів);
- комп'ютерні презентації;
- ілюстративні матеріали (плакати, таблиці тощо).

14. Рекомендована література

Базова

1. Петров Б.М. Электродинамика и распространение радиоволн. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007.
2. Пейсахович Ю.Г. Классическая электродинамика: учебное пособие, - НГТУ, 2013.
3. Шокало В.М., Правда В.І., Усін В.А., Вунтесмері В.С., Грецьких Д.В. Електродинаміка та поширення радіохвиль. Підручник. Частина 1. – Х.: Колегіум, 2009
4. Шокало В.М., Правда В.І., Усін В.А., Вунтесмері В.С., Грецьких Д.В. Електродинаміка та поширення радіохвиль. Підручник. Частина 2. – Х.: Колегіум, 2010

Допоміжна

1. Конструирование экранов и СВЧ-устройств/ Под ред. А. М. Чернушенко, Радио и связь, 1993.
- 2.Сборник задач по курсу «Электродинамика и распространение радиоволн»/ Под ред. С. И. Баскакова – М.: Высшая школа, 1981.
3. Барсуков С. Н. Теорія електромагнітного поля. Навч. посібник до лаб. практикуму – Харків, ХАІ, 1994.
4. Руководство к лаб. работам по курсу «ТЭМП»/ Сост. Алексеев Ю. А., Барсуков С. Н., Заикин И. П. – Харьков, НАКУ, 2000.

15. Інформаційні ресурси

Сайт кафедри <http://k504.org>

Сайт бібліотеки Національного аерокосмічного університету ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут» [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://library.khai.edu>

Міжнародний союз електрозв'язку [Електронний ресурс] / Режим доступу: www.itu.int