

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

ППН 09 Технічна електродинаміка та поширення радіохвиль

(код і назва навчальної дисципліни)

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

освітня програма (спеціалізація) Інформаційні мережі зв'язку
(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 «Технічна електродинаміка та поширення радіохвиль» для студентів

спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка»,

освітня програма (спеціалізація) «Інформаційні мережі зв'язку» .
(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  (Морщавка 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  (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 – 11	Галузь знань 17 Електроніка та телекомунікації	нормативна	
Модулів – 6	Спеціальність, освітня програма 172 Телекомунікації та радіотехніка ОП «Інформаційні мережі зв'язку»	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 6		2,3-й	2,3-й
Індивідуальне науково-дослідне завдання _____ <small>(назва)</small>		Семестр	
Загальна кількість годин – 330		3,4,5-й	3,4,5-й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3 самостійної роботи студента – 4,5	Освітньо-кваліфікаційний рівень: Перший (бакалаврський)	Лекції	
		90 год.	18 год.
		Практичні, семінарські	
		год.	год.
		Лабораторні	
		45 год.	12 год.
		Самостійна робота	
		195 год.	300 год.
Індивідуальні завдання: год.			
Вид контролю: залік, іспит			

Примітка.

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

для денної форми навчання – 135/195;

для заочної форми навчання – 30/300.

2 Мета навчальної дисципліни

Мета. Вивчення теорії електромагнітного поля; властивостей та параметрів електромагнітних хвиль; оволодіння основами теорії випромінювання електромагнітних хвиль; вивчення теорії поширення радіохвиль в умовах Землі й атмосфери; вивчення теоретичних понять, методів розрахунку, принципів функціонування антен на базі законів електродинаміки.

Завдання. Вивчення студентами фундаментальних законів які описують електромагнітне поле. Освоєння математичного апарату і методів електродинамічного опису явищ та процесів у радіоелектронних пристроїв різного призначення. Вивчення законів поширення електромагнітних хвиль у вільному просторі та напрямних системах.

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).

Очікувані програмні 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);

– застосування фундаментальних і прикладних наук для аналізу та розробки процесів, що відбуваються в телекомунікаційних та радіотехнічних системах (РН-13);

- вміння знаходити, оцінювати та використовувати інформацію з різних джерел необхідну для розв'язання професійних завдань, включаючи відтворення інформації через електронний пошук (РН-18);
- володіти методами рішення основних задач розрахунку електричних та магнітних полів;
- здатність здійснювати збір та аналіз вихідних даних для розрахунку та проектування деталей вузлів та пристроїв радіотехнічних систем;
- здійснювати комп'ютерне моделювання пристроїв, систем і процесів з використанням універсальних пакетів прикладних комп'ютерних програм.

3 Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Основи теорії електромагнітного поля.

Тема 1. Електромагнітне поле та параметри середовища. Заряд, об'ємна, поверхнева і лінійна щільність заряду; струм, щільність струму. Вектори електромагнітного поля: вектор напруженості електричного поля, вектор електричної індукції, вектор напруженості магнітного поля, вектор магнітної індукції. Величини, що характеризують електричні і магнітні властивості середовища: діелектрична проникність, магнітна проникність, питома провідність. Матеріальні рівняння. Класифікація середовищ. Способи графічного зображень полів.

Тема 2. Загальні рівняння електродинаміки. Закон збереження заряду, рівняння неперервності. Закон повного струму в домаксвеловському трактуванні, його протиріччя закону збереження заряду. Введення Максвелом поняття струму зсуву. Перше рівняння Максвела в інтегральній і диференціальній формі. Закон електромагнітної індукції. Друге рівняння Максвела в інтегральній і диференціальній формі. Третє і четверте рівняння Максвела в інтегральній і диференціальній формі. Повна система рівнянь Максвела. Сторонні струми і заряди. Рівняння Максвела в комплексній формі, комплексні діелектрична і магнітна проникності.

Тема 3. Деякі наслідки основних рівнянь електродинаміки. Баланс енергії електромагнітного поля, теорема Умова-Пойнтинга. Вектор Пойнтинга. Теорема про єдиність рішення основних рівнянь електродинаміки (без доказу). Зв'язок векторів електромагнітного поля на границі розділу двох середовищ (граничні умови).

Тема 4. Хвильові рівняння. Хвильові рівняння для векторів поля (неоднорідні й однорідні рівняння Даламбера). Векторний і скалярний потенціали. Рішення хвильових рівнянь у виді потенціалів, що запізнюються. Вектор Герца. Рівняння Гельмгольца для векторів електромагнітного поля.

Тема 5. Випромінювання електромагнітних хвиль. Елементарний електричний випромінювач. Напруженість поля елементарного електричного випромінювача. Поділення простору навколо випромінювача на зони, основні особливості поля випромінювача в ближній, проміжній і далекій зонах. Діаграма спрямованості випромінювання. Потужність, що випромінюється, опір випромінювання. Елементарний магнітний випромінювач. Розрахунок

напруженості поля, створюваного елементарним магнітним випромінювачем. Основні особливості поля, створюваного випромінювачем. Теорема еквівалентності і принцип Гюйгенса-Кірхгофа. Поняття про елемент Гюйгенса. Лема Лоренца і теорема взаємності.

Змістовий модуль 2. Випромінювання та поширення електромагнітних хвиль.

Тема 6. Плоскі електромагнітні хвилі в однорідному ізотропному середовищі. Основні поняття: хвильова поверхня (фронт), класифікація електромагнітних хвиль за формою фронту (сферичні, циліндричні та плоскі хвилі). Поляризація електромагнітних хвиль. Плоскі хвилі в однорідному ізотропному середовищі без втрат: рішення хвильового рівняння для векторів поля, структура поля, фазова швидкість, характеристичний опір середовища. Плоскі хвилі в однорідному ізотропному середовищі з втратами: комплексний коефіцієнт поширення, коефіцієнт фази, коефіцієнт загасання, характеристичний опір середовища, структура поля, дисперсія, групова швидкість. Глибина проникнення поля в середовище, поверхневий ефект.

Тема 7. Хвильові явища на межі розділу двох середовищ. Відбиття та заломлення нормально та паралельно поляризованих хвиль при падінні на границю розділу двох середовищ. Закони Снелліуса і формули Френеля. Кут повного заломлення (кут Брюстера). Особливості заломлення хвиль у провідних середовищах. Повне відбиття від границі розділу двох середовищ, поверхневий хвилі. Плоскопаралельний хвилевід. Його параметри.

Тема 8. Електромагнітні хвилі в напрямних системах. Напрямні системи. Класифікація напрямлених електромагнітних хвиль (хвилі типу Т, Е и Н, змішані хвилі ЕН і НЕ). Елементи загальної теорії напрямних систем (хвильове рівняння і його рішення, критична довжина хвилі, фазова і групова швидкості). Прямокутний хвилевід; рішення хвильового рівняння для прямокутного хвилеводу; структура електромагнітного поля; критична довжина хвилі, діаграма типів хвиль, умова існування хвилі основного типу; довжина хвилі в хвилеводі; фазова і групова швидкості; струми і заряди в стінках хвилеводу; потужність, яка передається по хвилеводу; розрахунок загасання; вибір розмірів хвилеводу. Круглий хвилевід: рішення хвильового рівняння для круглого хвилеводу; структура електромагнітного поля і струмів у стінках хвилеводу; критична довжина хвилі, діаграма типів хвиль; хвиля основного типу. Поняття про хвилі в коаксіальних і полоскових хвилеводах. Діелектричні хвилеводи і світловоди. Хвилеводи складної форми. Поняття про збудження поля в хвилеводах.

Тема 9. Пристрої НВЧ. Методи дослідження пристроїв НВЧ. Матричний аналіз хвилеводних вузлів. Матриця розсіяння. Приклади: матриця розсіяння відрізка лінії передачі, подвійного трійника, циркулятор. Електромагнітні хвилі в направляючих системах кінцевої довжини. Режими роботи напрямних систем. Проблема узгодження. КРХ та КСХ. Взаємні хвилеводні пристрої (реактивні елементи, атенюатори, хвилеводні розгалуження, спрямовані відгалужувачі). Устрій, принцип дії, та основні параметри. Фільтри НВЧ. Особливості

конструкції фільтрів НВЧ, параметри. Об'ємні резонатори: прямокутний, циліндричний, коаксіальний. Розрахунок поля в резонаторі. Резонансні частоти. Добротність резонатора. Поняття про способи збудження поля в резонаторах.

Змістовий модуль 3. Поширення радіохвиль у вільному просторі, та вплив земної поверхні на поширення радіохвиль.

Тема 10. Загальні питання поширення радіохвиль.

Класифікація радіохвиль по діапазонах частот і способу поширення. Поле випромінювача у вільному просторі. Істотна область простору при поширенні та відбитті радіохвиль. Поширення плоских хвиль у напівпровідному середовищі. Коефіцієнт відбиття.

Тема 11. Вплив поверхні Землі на поширення радіохвиль.

Електричні параметри земної поверхні. Поглинання радіохвиль земною поверхнею, частотні залежності коефіцієнтів поглинання та фази. Класифікація випадків поширення земних хвиль: Антени, підняті над Землею і розташовані поблизу Землі. Інтерференційні формули при ненапрямлених і спрямованих антенах. Формула Введенського. Метод урахування сферичності Землі. Вплив нерівностей земної поверхні на поле земних хвиль. Розсіювання від дрібних нерівностей земної поверхні. Критерій Релея. Ефективний коефіцієнт відбиття. Поняття про методи розрахунку розсіяної потужності. Питома ефективна площа зворотнього розсіювання. Дифракція радіохвиль на сферичній поверхні Землі. Розрахунок напруженості поля.

Тема 12. Поширення радіохвиль в системах мобільного зв'язку.

Причини нестабільності рівня сигналу мобільної станції у просторі і часу. Методи розрахунку середнього очікуваного рівня сигналу. Математичні моделі радіоліній. Модель поширення радіохвиль в вільному просторі. Опорна відстань. Розрахунок рівня сигналу. Двопроменева модель. Розрахунок рівня сигналу. Дифракція радіохвиль на заваді. Математична модель. Розрахунок напруженості поля за завадою. Імовірний характер поширення радіохвиль в умовах міста. Розрахунок поля методом Okamura. Метод Hata. Метод Hata-COST-231. Модель Лі. Врахування профіля траси при розрахунку послаблення радіоканалів.

Змістовий модуль 4. Поширення радіохвиль в атмосфері.

Тема 13. Тропосфера і її вплив на поширення радіохвиль.

Склад і будова тропосфери і стратосфери. Діелектрична проникність і індекс заломлення, середні й аномальні закономірності їх зміни в радіочастотному й оптичному діапазонах. Мікроструктура тропосфери і її флуктуацій. Ослаблення сантиметрових, міліметрових, інфрачервоних, ультрафіолетових і оптичних хвиль у тропосфері. Селективне поглинання, вплив гідрометеорів. Методи експериментального дослідження тропосфери. Рівняння траєкторії хвилі в наближенні геометричної оптики. Рефракція радіохвиль. Радіус кривизни траєкторії хвилі. Можливі види рефракції. Поняття еквівалентного

радіуса Землі і його застосування для розрахунку напруженості поля при нормальній рефракції.

Тема 14. Іоносфера і її вплив на поширення радіохвиль.

Будова іоносфери. Процеси іонізації і рекомбінації. Розподіл вільних електронів у реальній іоносфері. Середні закономірності зміни структури іоносфери і її аномальні зміни. Вплив 11-літнього циклу. Спорадичні шари. Неоднорідна тонка структура іоносфери. Діелектрична проникність іонізованого газу без урахування і з урахуванням впливу магнітного поля Землі. Ефект Фарадея, звичайна і незвичайна хвилі. Фазова і групова швидкості поширення радіохвиль в іонізованому газі. Перекручування сигналів при дисперсії в іоносфері. Поглинання радіохвиль і нелінійні властивості іонізованого газу. Заломлення і відзеркалення радіохвиль у неоднорідній іоносфері, подвійна променезаломлюваність. Застосовність наближення геометричної оптики. Критичні і максимально застосовні частоти. Часткове проходження радіохвиль через регулярні і спорадичні шари. Методи експериментального дослідження іоносфери: вертикальне зондування, метод некогерентного розсіювання, метод дисперсійного інтерферометра.

Тема 15. Завади. Електромагнітна сумісність при поширенні радіохвиль. Потужність завад на вході приймального пристрою і шумова температура. Зв'язок між шумовою температурою і яскравісною температурою джерел завад. Завади радіостанцій. Промислові завади. Завади природного походження: атмосферні розряди, теплові шуми атмосфери, шуми космічного походження. Постановка задачі про електромагнітну сумісність у тракці поширення.

Змістовий модуль 5. Поширення радіохвиль у вільному просторі, та вплив земної поверхні на поширення радіохвиль.

Тема 16. Елементарні джерела електромагнітних хвиль.

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

Тема 17. 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 18. 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 19. 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 20. 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 настроювання пасивних вібраторів.

Змістовий модуль 6. Поширення радіохвиль у вільному просторі, та вплив земної поверхні на поширення радіохвиль.

Тема 21. Хвилеводно-щілинні антени.

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

Тема 22. Дзеркальні антени.

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

Тема 23. 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 24. 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 25. 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 го	у тому числі					
		л	п	лаб	інд	с.р.		л	п	лаб	інд	с.р.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Модуль 1													
Змістовий модуль 1. Основи теорії електромагнітного поля													
Тема 1. Електромагнітне поле та параметри середовища	7	3				4	10						10
Тема 2. Загальні рівняння електродинаміки	10	3				7	11	1					10
Тема 3. Деякі наслідки основних рівнянь електродинаміки	9	2				7	10						10
Тема 4. Хвильові рівняння	9	2				7	11	1					10
Тема 5. Випромінювання електромагнітних хвиль	12	5				7	11	1					10
Разом за змістовим модулем 1	47	15				22	53	3					50
Модуль 2													
Змістовий модуль 2. Випромінювання та поширення електромагнітних хвиль													
Тема 6. Плоскі електромагнітні хвилі в однорідному	12	3				9	15	1					14

ізотропному середовищі												
Тема 7. Хвильові явища на межі розділу двох середовищ	14	5			9	15	1					14
Тема 8. Електромагнітні хвилі в напрямних системах	16	2	5		9	13	1		2			10
Тема 9. Пристрої НВЧ	16	5	5		6	14			2			12
Разом за змістовим модулем 2	58	15	10		33	57	3		4			50
Модуль 3												
Змістовий модуль 3. Поширення радіохвиль у вільному просторі, та вплив земної поверхні на поширення радіохвиль												
Тема 10. Загальні питання поширення радіохвиль	24	5	7		12	20	1		2			17
Тема 11. Вплив поверхні Землі на поширення радіохвиль	22	5	7		10	19	1		1			17
Тема 12. Поширення радіохвиль в системах мобільного зв'язку	15	5			10	17	1					16
Разом за змістовим модулем 3	61	15	14		32	56	3		3			50
Модуль 4												
Змістовий модуль 4. Поширення радіохвиль в атмосфері												
Тема 13. Тропосфера і її вплив на поширення радіохвиль	18	5			13	18	1					17

Тема 14. Іоносфера і її вплив на поширення радіохвиль	15	5				10	18	1				17
Тема 15. Завади. ЕМС при поширенні радіохвиль	15	5				10	17	1				16
Разом за змістовим модулем 4	48	15				33	53	3				50
Модуль 5												
Змістовий модуль 5. Поширення радіохвиль у вільному просторі, та вплив земної поверхні на поширення радіохвиль												
Тема 16. Елементарні джерела електромагнітних хвиль.	9	3				6	10					10
Тема 17. Основні параметри передавальних антен.	10	3				7	11	1				10
Тема 18. Основні параметри приймальних антен.	10	3				7	11	1				10
Тема 19. Вібраторні антени.	9	3				6	10					10
Тема 20. Зв'язані вібратори.	9	3				6	11	1				10
Разом за змістовим модулем 3	47	15				32	53	3				50
Модуль 6												
Змістовий модуль 6. Поширення радіохвиль у вільному просторі, та вплив земної поверхні на поширення радіохвиль												
Тема 21. Хвилеводно - щілинні антени.	9	3				6	10					10
Тема 22.	10	3				7	11	1				10

Дзеркальні антени.											
Тема 23. Хвилеводні та рупорні антени (апертурні).	15	3	5	7	14	1	3			10	
Тема 24. Живлення та узгодження антен.	14	3	5	6	13	1	2			10	
Тема 25. Антенні решітки.	21	3	11	7	10					10	
Разом за змістовим модулем 3	69	15	21	33	58	3	5			50	
Усього годин	330	90	45	195	330	18	12			300	

5 Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Зони Френеля	4
2	Дослідження інтерференційної структури поля випромінювача, який знаходиться над землею	4
3	Дослідження поля антени, які знаходяться на землі	4
4	Поле випромінювача за непрозорим екраном	4
5	Дослідження поляризації електромагнітного поля	4
6	Вивчення резонансних властивостей об'ємних резонаторів	4
7	Дослідження структури поля у прямокутному хвилеводі	3
8	Дослідження хвилеводів з щілинними отворами	3
	Разом	30

6 Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Підготовка до лабораторних робіт (виконати розрахункове завдання до лабораторної роботи, ознайомитися з описом лабораторного стенду і приладів)	34
2	Підготовка звітів по лабораторним роботам.	34
3	Робота з текстами: підручниками, довідниками,	34

	додатковою літературою, опрацювання конспекту лекцій.	
4	Підготовка до заліку	33
	Разом	135

7 Індивідуальні завдання

Не передбачено.

8 Методи навчання

Поєднання (різною мірою) пасивного, активного і інтерактивного методів на лекційних і лабораторних заняттях, на консультаціях по курсовому проектуванню.

9 Очікувані результати навчання з дисципліни

В результаті вивчення даної дисципліни очікуються наступні 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);
- застосування фундаментальних і прикладних наук для аналізу та розробки процесів, що відбуваються в телекомунікаційних та радіотехнічних системах (РН-13);
- вміння знаходити, оцінювати та використовувати інформацію з різних джерел необхідну для розв'язання професійних завдань, включаючи відтворення інформації через електронний пошук (РН-18);
- володіти методами рішення основних задач розрахунку електричних та магнітних полів;
- здатність здійснювати збір та аналіз вихідних даних для розрахунку та проектування деталей вузлів та пристроїв радіотехнічних систем;
- мати навички самостійної роботи на комп'ютері та в комп'ютерних мережах;
- здійснювати комп'ютерне моделювання пристроїв, систем і процесів з використанням універсальних пакетів прикладних комп'ютерних програм.

10 Засоби оцінювання

Поточний, рубіжний, семестровий контроль (з урахуванням відвідування, виконання і захистів звітів по лабораторним роботам та індивідуальним домашнім завданням, тестуванні при здачі іспиту).

11. Критерії оцінювання

Приклад для заліку

Поточне тестування та самостійна робота									Сума
Змістовий модуль №1					Змістовий модуль № 2				
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	100
10	10	10	10	10	10	10	10	20	

T1, T2 ... T9 – теми змістових модулів.

Приклад для екзамену

Поточне тестування та самостійна робота						Підсумковий тест (екзамен)	Сума
Змістовий модуль 3			Змістовий модуль 4				
T10	T11	T12	T13	T14	T15	40	100
10	10	10	10	10	10		

T10, T11 ... T15 – теми змістових модулів.

Приклад для заліку

Поточне тестування та самостійна робота										Сума
Змістовий модуль №5					Змістовий модуль № 6					
T16	T17	T18	T19	T20	T21	T22	T23	T24	T25	100
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	

T1, T2 ... T9 – 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		
60-69	E	задовільно	не зараховано з можливістю повторного складання
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	
1-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	

12 Методичне забезпечення

1. Конспект лекцій з дисципліни “Технічна електродинаміка”, частина 1-4 для студентів спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка” всіх форм навчання / Укл. Логачова Л.М. – Запоріжжя: НУ «ЗП», 2020. – 274 с.

2. Методичні вказівки для самостійних робіт з дисципліни “Технічна електродинаміка” для студентів спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» всіх форм навчання / Укл. Л.М. Логачова – Запоріжжя: НУ «ЗП», 2020. – 55 с.

3. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни “Технічна електродинаміка” для студентів спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка" всіх форм навчання/ Укладачі: Логачова Л.М., Бугрова Т.І. – Запоріжжя: НУ «ЗП», 2020. – 71 с.

4. Методичні вказівки до виконання контрольних завдань з дисципліни “Технічна електродинаміка” для студентів спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка" всіх форм навчання/ Укладачі: Логачова Л.М., Бугрова Т.І. – Запоріжжя:НУЗП, 2020. – 33 с.

5. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи «Дослідження дзеркальної антени» з дисципліни “Технічна електродинаміка” для студентів спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка" всіх форм навчання/ Укладачі: Логачова Л.М., Бугрова Т.І. – Запоріжжя:НУЗП, 2020. – 25 с.

6. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи «Узгодження в лініях зв’язку хвиле водного типу» з дисципліни “Технічна електродинаміка” для студентів спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка" всіх форм навчання/ Укладачі: Логачова Л.М., Бугрова Т.І. – Запоріжжя:НУЗП, 2020. – 37 с.

13. Рекомендована література

Базова

1. Шокало В.М. Електродинаміка та поширення радіохвиль. Ч. 1. Основи теорії електромагнітного поля : підручник для студентів ВНЗ / В.М. Шокало, В.І. Правда. Харків: Колегіум. – 286 с.

2. Шокало В.М. Електродинаміка та поширення радіохвиль. Ч. 2. Випромінювання та поширення електромагнітних хвиль: підручник для студентів ВНЗ / В.М. Шокало, В.І. Правда. Харків: ХНУРЕ; Колегіум. – 435 с.

3. Логачова Л. М. Поширення земних радіохвиль та мобільний зв’язок навчальний посібник / Л.М. Логачова, Т.І. Бугрова. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2019 . – 236 с.

4. Семёнов А.И. Распространение радиоволн по естественным трассам: Учебник для вузов. – М.: САЙНС-ПРЕСС, 2005. – 80 с.

Допоміжна

1. Долуханов М.П. Распространение радиоволн. Учебное пособие / М.П. Долуханов. – М.: Связь, 1970. – 425 с.

2. Петров Б.М. Электродинамика и распространение радиоволн. Учебник / Б.М. Петров. – М.: Горячая линия-телеком, 2004. – 558 с.
3. Вольман, В.И. Техническая электродинамика [Текст] / В.И. Вольман, Ю.В. Пименов. – М.: Связь, 1972. – 485 с.