



[RE-136] РАДІОМЕТРИЧНІ МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ВИМІРЮВАННЯ ФІЗИЧНИХ ВЕЛИЧИН



Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Другий (магістерський)
Галузь знань	-
Спеціальність	
Освітня програма	Всі ОП
Статус дисципліни	Вибіркова (Ф-каталог)
Форма здобуття вищої освіти	Очна
Рік підготовки, семестр	Доступно для вибору починаючи з 1-го курсу, весняний семестр
Обсяг дисципліни	5 кред. (Лекц. 36 год, Практ. год, Лаб. 18 год, СРС. год)
Семестровий контроль/контрольні заходи	Екзамен
Розклад занять	https://rozklad.kpi.ua
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лекц.: Яненко О. П. , Лаб.: Яненко О. П. ,
Розміщення курсу	

Програма навчальної дисципліни

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

Навчальна дисципліна «Радіометричні методи та засоби вимірювання фізичних величин» введена відповідно до освітньо-наукової та освітньо-професійної програми підготовки магістрів спеціальності «172 «Телекомунікації та та радіотехніка», спеціалізації «Інтелектуальні технології мікросистемної радіоелектронної техніки». Навчальна дисципліна належить до циклу дисциплін професійної та практичної підготовки студентів. Предметом

навчальної дисципліни є вивчення особливостей організації та проведення вимірювання параметрів слабких сигналів НВЧ діапазону при їх взаємодії з об'єктами живої і неживої природи.

Спеціалізована дисципліна «Радіометричні методи та засоби вимірювання параметрів фізичних величин» має як науковий так і прикладний характер і направлена на розширення знань студентів в галузі застосування радіотехнічних досягнень в своїй практичній роботі.

Метою навчальної дисципліни «Радіометричні методи та засоби вимірювання параметрів фізичних величин» є:

- ознайомлення із радіометричними методами та засобами вимірювання параметрів надзвичайно слабких сигналів - потужності, частоти, поглинання та відбиття;
- вивчення стандартних і нестандартних НВЧ методів та засобів, які застосовуються для вимірювання фізичних величин;
- визначення та дослідження сфери використання радіотехнічних засобів для вимірювання електричних та неелектричних фізичних величин;
- проведення експериментальних досліджень із застосуванням високочутливої радіометричної системи мікрохвильового діапазону, а також вивчення можливостей використання подібної апаратури в різних галузях науки і техніки.

Таким чином, проведення теоретичних і експериментальних досліджень, в межах даної дисципліни з використанням досягнень радіотехнічного напрямку, є важливим і невід'ємним етапом технічного прогресу, а вивчення основ таких досліджень буде доброю складовою і допомогою фахівцям із спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка», в процесі їх наукової та професійної орієнтації після закінчення університету

Об'єктом дослідження дисципліни є процеси перетворення параметрів фізичних об'єктів в інформаційні сигнали НВЧ діапазону, за інтенсивністю порівняних або менших за власні шуми вимірювальної апаратури

Предметом навчальної дисципліни є високочутливі радіометричні системи та структури на їх основі для вимірювання різноманітних фізичних величин.

Дисципліна «Радіометричні методи та засоби вимірювання параметрів фізичних величин» формує у студентів наступні *компетентності*:

- здатність до самостійного освоєння нових радіотехнічних методів та засобів дослідження, та можливого подальшого їх використання в своїй професійній діяльності;
- здатність складати технічні завдання на розробку високочутливих вимірювальних систем, проводити вибір технічних рішень з необхідним обґрунтуванням на проектування і виготовлення їх пристроїв та вузлів, готувати описи принципів дії та методів вимірювання;
- здатність до подальшого використання розглянутих методів радіометричного дослідження і вимірювання параметрів фізичних величин в наукових та прикладних галузях своєї діяльності.

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

Навчальна дисципліна «Радіометричні методи та засоби вимірювання фізичних величин» належить до циклу професійної підготовки (дисципліни професійної та практичної підготовки).

Предмет навчальної дисципліни: вивчення особливостей вимірювання радіометричними методами параметрів слабких сигналів НВЧ діапазону при їх взаємодії з фізичними і

біологічними об'єктами.

Навчальна дисципліна базується на загальних та фахових дисциплінах: "Радіовимірювання параметрів НВЧ сигналів", "Основи метрології", "Частотно-дисперсійний аналіз" "Вища математика", "Загальна фізика", "Інформатика" та інші.

3. Зміст навчальної дисципліни

Найменування розділів та тем	Розподіл за семестрами та видами занять			
	всього	лекц	лабор	СРС
1	2	3	4	5
<i>Вступна тема: Особливості та перспективи використання радіотехнічних засобів в різноманітних галузях життєдіяльності людини</i>				
<i>Розділ 1. Вимірювальні перетворювачі параметрів сигналів та кіл НВЧ діапазону</i>				
Тема 1.1. Класифікація стандартизованих і не стандартизованих засобів вимірювання параметрів слабких сигналів	2	2		
Тема 1.2 Особливості взаємодії НВЧ полів із матеріалами і речовинами	2	2		
Тема 1.3 Вхідні вимірювальні перетворювачі НВЧ сигналів. Схема модуляційного вимірювача потужності, принцип роботи	2	2		
<i>Розділ 2. Стандарні методи вимірювання потужності</i>				
2.1 Методи і засоби вимірювання поглинутої потужності	3	3		
2.2 Методи і засоби вимірювання прохідної потужності	3	3		
<i>Розділ 3. Радіометричні методи та засоби вимірювання потужності слабких НВЧ сигналів.</i>				
Тема 3.1. Класифікація вимірювачів потужності слабких сигналів	2	2		
Тема 3.2. Модуляційні радіометричні вимірювачі прямого та гетеродинного перетворення. Принцип роботи та особливості.	8	2	6	
Тема 3.3. Радіометричні вимірювачі компенсаційного і кореляційного типу. Схемна реалізація вимірювачів.	2	2		
<i>Розділ 4. Надвисокочастотні методи та засоби вимірювання фізичних величин</i>				
Тема 4.1. Особливості та закони теплового випромінювання. Розподіл Планка, формула Релея Джинса та Найквіста. Вимірювання температури радіочастотного випромінювання.	10	4	6	
Тема 4.2. Вимірювання вологості матеріалів. Амплітудні та фазові вимірювачі вологості. Резонансні та хвилеводні методи. Вимірювання вологості сипучих матеріалів.	4	4		
Тема 4.3. Вимірювання високочастотних параметрів біологічних об'єктів. Класифікація параметрів біо об'єктів та НВЧ апаратура для їх вимірювання .	10	4	6	
Тема 4.4. Методи та засоби вимірювання параметрів НВЧ кіл. Вимірювання діелектричної проникливості	4	4		

Тема 4.5 Радіотехнічні засоби вимірювання геометричних параметрів та механічних величин. НВЧ дефектоскопія матеріалів та виробів.	2	2		
Самостійна робота студентів	6			6
Проведення консультації, залік , екзамен	2			2
Всього в семестрі	62	36	18	8

4. Навчальні матеріали та ресурси

Застосовуються такі методи навчання:

- за джерелом передачі навчальної інформації;
- наочні методи: ілюстрація, демонстрація;
- практичні методи з курсу дисципліни;
- за методом контролю - практична робота, відповіді на практичних заняттях, самоконтроль (СРС).

Інформаційне забезпечення, а саме:

- науково-технічна література;
- підручники та навчальні посібники, довідники;
- НТД та матеріали, державні та міжнародні стандарти;

Література з дисципліни знаходиться в методичному кабінеті кафедри та НТБ НТУУ "КПІ"

4.1 Основна навчально - методична література

1. Яненко О.П., Шевченко К.Л., Перегудов С.М. **Радіометричні НВЧ методи та засоби вимірювання фізичних величин**. Навчальний посібник. Затв. Методичною радою КПІ прот. №8 від 24.06.2021. Київ.: 2021- 352 стор.
2. Головка Д.Б., Скрипник Ю.О., Яненко О.П. Надвисокочастотні методи та засоби вимірювання фізичних величин. Навчальний посібник - Київ: Либідь, 2003-328 с.(гриф МОН)
3. Скрипник Ю.О.,Манойлов В.П., Яненко О.П. Модуляційні радіометричні пристрої і системи НВЧ-діапазону . Навчальний посібник- Житомир :ЖІТІ, 2001.-374 с.
4. Куценко В.П., Скрипник Ю.О., Трегубов Н.Ф., Шевченко К.Л., Яненко О.П // Радіометричний НВЧ контроль властивостей матеріалів. Монографія -Донецьк:ІПШІ, 2012- 348 с.
5. Скрипник Ю.О., Яненко О.П., Манойлов В.П, Куценко В.П., Гимпилевич Ю.Б.// Микроволновая радиометрия физических и биологических объектов. Монография- Житомир: Изд. «Волынь» :2003- 408 с.
6. Головка Д.Б., Скрипник Ю.О., Яненко О.П. Модуляційні НВЧ вимірювачі електричних і неелектричних величин//. Монографія – Київ: МП Леся, 2001-232 с.
7. Билько М.И.,Томашевский А.К. Измерение мощности на СВЧ//- Г.: Радио и связь, 1986. - 167 с.

Додаткова методична література

1. Куценко В.П. Методы и средства сверхвысококачастотной радиометрии // В.П. Куценко, Ю.О.

Скрипник, Н.Ф. Трегубов, К.Л. Шевченко, О.П. Яненко - Донецьк.: ІПШ «Наука і освіта, 2011. - 324с.

2.Скрипник Ю.А. Измерительные устройства с коммутационно –модуляционными преобразователями. - Киев : Вища школа. - 1975. - 256 с.

3. Викторов В.А., Лункин Б.В., Совлуков А.С. Радиоволновые измерения параметров технологических процессов//. Энергоатомиздат. - 1989. - 298 с.

4. Бензар А.В. Техника СВЧ-влажнометрии. - Минск : Выща школа. - 1974. - 304 с.

5. Измерения в электронике : справочник // под ред. В. А. Кузнецова. - М. : Энергоиздат. - 1987. - С. 512.

До базової літератури, яка відповідає програмі навчання відносяться навчальні посібники:

1.Яненко О.П., Шевченко К.Л., Перегудов С.М., Радіометричні НВЧ методи та засоби вимірювання фізичних величин. Навчальний посібник. Затв. Методичною радою КПІ прот. №8 від 24.06.2021. Київ.: 2021- 352 стор.

2. Головка Д.Б., Скрипник Ю.О., Яненко О.П. Надвисокочастотні методи та засоби вимірювання фізичних величин. Навчальний посібник - Київ: Либідь, 2003-328 с.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційна програма

Розділ 1. Вимірювальні перетворювачі параметрів сигналів та кіл НВЧ діапазону

Лекція 1. Класифікація стандартизованих і не стандартизованих засобів вимірювання параметрів слабких сигналів [1, стор.8-12].

Лекція 2. Особливості взаємодії НВЧ полів із матеріалами і речовинами [1, стор.13-18].

Лекція 3. Вхідні вимірювальні перетворювачі НВЧ сигналів. Схема модуляційного вимірювача потужності, принцип роботи [1, стор.19-25].

Розділ 2. Стандарні методи вимірювання потужності

Лекція 4. Методи і засоби вимірювання поглинутої потужності. [7, стор.10-14].

Лекція 5-6. Методи і засоби вимірювання прохідної потужності [7, стор.86-90].

Розділ 3. Радіометричні методи та засоби вимірювання потужності слабких НВЧ сигналів.

Лекція 7. Класифікація вимірювачів потужності слабких сигналів [1, стор.48-51].

Лекція 8. Модуляційні радіометричні вимірювачі прямого та гетеродинного перетворення. Принцип роботи та особливості. [5, стор.144-154].

Лекція 9. Радіометричні вимірювачі компенсаційного і кореляційного типу. Схемна реалізація вимірювачів. [3, стор.14-17].

Розділ 4. Надвисокочастотні методи та засоби вимірювання фізичних величин.

Лекція 10-11 Особливості та закони теплового випромінювання. Розподіл Планка, формула

Релея Джинса та Найквіста. Вимірювання температури радіочастотного випромінювання. [1, стор.259-270; 5, стор.14-26].

Лекція 12-13. Вимірювання вологості матеріалів. Амплітудні та фазові вимірювачі вологості. Резонансні та хвилеводні методи. Вимірювання вологості сипучих матеріалів. [1, стор.222-237].

Лекція 14-15. Вимірювання високочастотних параметрів біологічних об'єктів. Класифікація параметрів біо об'єктів та НВЧ апаратура для їх вимірювання . [1, стор.272-294].

Лекція 16-17. Методи та засоби вимірювання параметрів НВЧ кіл. Вимірювання діелектричної проникливості [1, стор. 167-186; стор.187-191].

Лекція 18. Радіотехнічні засоби вимірювання геометричних параметрів та механічних величин. НВЧ дефектоскопія матеріалів та виробів.

Лабораторні роботи

1. Проведення дослідження слабких сигналів різноманітних об'єктів з використанням високочутливої радіометричної системи. Провести обробку результатів вимірювання .

Лабораторна робота № 1

1-й етап:. Провести вимірювання потужності випромінювання в мм-діапазону фізичного (біологічного) об'єкта та рівень температури у вибраних точках, застосувати методи обробки результатів вимірювань (3 ауд. год).

2-й етап Розрахувати значення похибок, за методикою багатократних вимірювань. Побудувати гістограму розподілу похибок та визначити закон розподілу, розрахувати коефіцієнт кореляції між рівнем випромінювання та температурою. Провести перевірку експериментальних досліджень з використанням закону Релея-Джинса (3 год).

Лабораторна робота № 2

Провести дослідження вихідних параметрів генератора з перетворювачем температури в шумовий сигнал мм-діапазону, з використання радіометричного вимірювача, побудувати АЧХ перетворювача, оцінити рівень нерівномірності характеристики. За виміряним рівнем потужності розрахувати тепловий режим генератора та спів ставити його з отриманою АЧХ (6 год).

Лабораторна робота № 3

Дослідити випромінювання матеріалів органічного і неорганічного походження з використанням радіометра та термостата. Провести розрахунки коефіцієнта сірості матеріалів та спів ставити їх між собою (6 год)

6. Самостійна робота студента

Окрім підготовки до аудиторних занять, самостійна робота студентів в межах вивчення дисципліни «Радіометричні методи та засоби вимірювання фізичних величин» полягає в проведенні розрахунків за первинними даними, отриманими в результаті радіометричних вимірювань на лабораторних заняттях, побудові графіків і гістограм та підготовки кваліфікованих висновків по кожному дослідженню. На самостійну роботу студентам відведено 66 год.

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

1. Студентом в обов'язковому порядку відвідуються всі види аудиторних занять з дисципліни «Радіометричні методи та засоби вимірювання фізичних величин»

2. Студент повинен дотримуватись наступних правил поведінки на заняттях: активність, належна підготовка до опитування на лекційних заняттях, уникнення телефонних розмов під час аудиторних занять, зосередженість на матеріалі заняття, відключення телефонів, використання відповідних засобів для оперативного пошуку інформації.

3. Студент повинен оперативно реагувати на питання викладача, проявляти ініціативу та мотивацію, демонструвати зворотній зв'язок.

4. Студент повинен дотримуватись узгоджених з викладачем правил підготовки, оформлення та подальшого виправлення (у разі необхідності) індивідуальних завдань.

5. Студент повинен розуміти та дотримуватись рейтингової системи оцінювання (PCO), політики термінів представлення матеріалів, захисту та перескладань:

- лабораторні роботи з дисципліни захищаються на наступному занятті із зазначеної теми;
- для отримання автоматичного заліку студент повинен прийняти активну участь в обговоренні мінімум 8-10 лекційних занять;
- штрафні бали призначаються за несвоєчасний захист лабораторних робіт та відсутність на лекціях без вагомої причини.; заохочувальні бали призначаються за активну участь в лекційних і лабораторних заняттях;
- політика щодо академічної доброчесності;
- інші вимоги, що не суперечать законодавству України та нормативним документам Університету.

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

Вказуються всі види контролю та бали за кожен елемент контролю:

- виступ на лекційному занятті по 3 бала (макс. 30 балів);
- своєчасний захист лабораторних робіт по 15 балів (макс. 45 балів).

Поточний контроль: експрес- опитування, опитування за темою заняття.

Семестровий контроль: залік

Умови допуску до семестрового контролю (заліку): мінімальна позитивна оцінка за виконання п. 6 розділу 7, зарахування усіх лабораторних робіт/ семестровий рейтинг більше 60 балів.

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)

Опис матеріально-технічного та інформаційного забезпечення дисципліни

Проведення лекцій, лабораторних робіт та практичних занять з курсу дисципліни «Надвисокочастотні методи та засоби вимірювання параметрів фізичних величин» проводиться на базі лабораторії «Мікрохвильової радіометрії та НВЧ вимірювань», кімната 312.

Для проведення занять лабораторія має наступне матеріально-технічного забезпечення дисципліни:

- 1) Високочутлива вимірювальна система мм діапазону (37-53ГГц) - НУ-2 ;
- 2) Генератор еталонних сигналів на діапазон 37-78 ГГц.
- 3) Генератор шумових сигналів типу «Порог-2» на діапазон 37-78 ГГц
- 4) Вимірювач коефіцієнта стоячої хвилі P2-69
- 5) Вимірювальний приймач типу SMV з набором вимірювальних антен
- 6) Три аналізатори спектра в діапазоні від десятків Гц до 100 МГц
- 7) Вимірювальна антена на діапазон 1-12ГГц
- 8) Підєднувальні та узгоджувальні елементи НВЧ діапазону.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено [Яненко О. П.](#);

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

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