



МІКРОХВИЛЬОВА ТЕХНІКА

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації</i>
Спеціальність	<i>176 Мікро- та наносистемна техніка</i>
Освітня програма	<i>Мікро- та наносистемна техніка</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5 кредитів (150 годин: лекцій – 36 год, лабораторні – 18 год, практичні – 18 год, СРС – 78 год)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен / МКР, РГР</i>
Розклад занять	<i>лекції, практичні та лабораторні заняття, http://rozklad.kpi.ua/</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: д.т.н, доцент, Прокопенко Юрій Васильович, prok@ee.kpi.ua Практичні / Семінарські: д.т.н, доцент, Прокопенко Юрій Васильович, prok@ee.kpi.ua Лабораторні: д.т.н, доцент, Прокопенко Юрій Васильович, prok@ee.kpi.ua</i>
Розміщення курсу	<i>Google classroom, електронний кампус КПІ ім. Ігоря Сікорського (https://login.kpi.ua)</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Кредитний модуль «Мікрохвильова техніка» є складовою частиною обов'язкової навчальної дисципліни «Мікрохвильова техніка» з циклу дисциплін професійної підготовки.

Метою кредитного модуля є формування у студентів здатностей:

- цілісного уявлення про інформаційні, фізичні, схемотехнічні та технологічні принципи побудови базових вузлів мікрохвильових пристроїв та систем;*
- побудови моделей та розрахунку характеристик компонентів, пристроїв та систем мікрохвильової техніки;*
- вимірювання основних характеристик мікрохвильових пристроїв та систем.*

Згідно з вимогами освітньо-професійної та освітньо-наукової програм студенти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі результати навчання:

знання:

- видів, класифікації, параметрів та характеристик мікрохвильових пристроїв;*
- тенденцій розвитку сучасних мікрохвильових систем;*
- інформаційних, фізичних, схемотехнічних та технологічних принципів побудови мікрохвильових пристроїв та систем;*

- принципів вимірювання характеристик мікрохвильових пристроїв;

уміння:

- аналізу та синтезу мікрохвильових пристроїв та систем;
- формулювання вимог до характеристик компонентів мікрохвильових пристроїв та систем;
- вибору необхідної елементної бази та компонентів для проектування сучасних мікрохвильових приладів;
- використання мікрохвильових пристроїв та систем.

досвід:

- моделювання, розрахунку та вимірювання характеристик мікрохвильових пристроїв;
- розробки базових вузлів мікрохвильових пристроїв.

Кредитний модуль спрямований на формування у здобувачів наступних компетентностей :

- здатність ефективно використовувати складне контрольно-вимірвальне, технологічне та дослідницьке обладнання при дослідженнях та виробництві матеріалів, компонентів, приладів і пристроїв мікро- та наносистемної техніки різноманітного призначення (ФК1);
- здатність аналізувати та синтезувати мікро- та наноелектронні системи різного призначення(ФК3);
- здатність розробляти, обґрунтовано вибирати і використовувати сучасні методи обробки та аналізу сигналів в мікро- і наноелектронних приладах та системах (ФК4);
- здатність аргументувати вибір методів розв'язання складних задач і проблем мікро- та наносистемної техніки, критично оцінювати отримані результати та аргументувати прийняті рішення (ФК5);
- Здатність демонструвати і використовувати знання методів та технологій розробки, тестування та застосування інформаційно-вимірвальних, мікроконтролерних систем, систем обробки, відображення та передачі даних, включаючи біомедичні системи. (ФК10);

та програмні результати навчання:

- оптимізувати конструкції систем, пристроїв та компонентів мікро- та наносистемної техніки, а також технології їх виготовлення (ПРН3);
- застосовувати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки, а також критичне осмислення сучасних проблем у сфері мікро- та наноелектроніки, для розв'язування складних задач професійної діяльності (ПРН4);
- розробляти вироби та компоненти мікро- та наносистемної техніки, враховуючі вимоги до їх характеристик, технологічні та ресурсні обмеження; використовувати сучасні інструменти автоматизації проектування (ПРН6);
- розв'язувати задачі синтезу та аналізу приладів та пристроїв мікро- та наносистемної техніки (ПРН7);
- досліджувати процеси у мікро- та наноелектронних системах, приладах й компонентах з використанням сучасних експериментальних методів та обладнання, здійснювати статистичну обробку та аналіз результатів експериментів (ПРН11);
- Будувати і досліджувати фізичні, математичні і комп'ютерні моделі об'єктів та процесів мікро- та наноелектроніки. (ПРН12);

- - проводити проектування, випробування, експериментальні та теоретичні дослідження властивостей матеріалів, наноструктур та технологій, компонентів та пристроїв мікро- та наносистемної техніки, включаючи електронні біомедичні системи. (ПРН20).

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

Дисципліна «Мікрохвильова техніка» забезпечується дисциплінами «Твердотільна електроніка», «Схемотехніка», «Теорія поля», «Матеріали та компоненти електроніки», «Мікрохвильова техніка-1», «Мікрохвильова техніка-2».

Поняття, що вивчають в дисципліні «Мікрохвильова техніка» використовуються для подальшого вивчення студентами дисциплін «Цифрові технології в мікроелектроніці», «Засоби та системи телекомунікацій» та «Біомедичні електронні системи». Знання, уміння та навички, набуті в результаті вивчення даної дисципліни, будуть використані при підготовці дипломних проектів та робіт, а також у курсовому проектуванні

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділи і теми дисципліни.

1. Тенденції та напрямки розвитку сучасних мікрохвильових пристроїв та систем.
2. Основи передачі інформації в мікрохвильових системах.
 - 2.1. Особливості дискретизації сигналів у мікрохвильових системах. Перехід до аналітичного сигналу, виділення квадратурних складових, дискретизація другого порядку.
 - 2.2. Типи модуляції НВЧ сигналів: амплітудна модуляція, частотна модуляція, фазова та амплітудно- фазова маніпуляції, ортогональний частотний поділ каналів (OFDM).
3. Основні пасивні вузли мікрохвильових систем.
 - 3.1. Еквівалентні параметри ліній передачі НВЧ та їх зв'язок з параметрами довгих ліній. Розрахунок еквівалентних параметрів ліній передачі на основі рівнянь електродинаміки.
 - 3.2. Лінії передачі для інтегральних схем (ІС) НВЧ: симетрична смужкова лінія, несиметрична смужкова лінія, симетрична щілинна лінія, несиметрична щілинна лінія, компланарна лінія, лінії передачі магнітостатичних хвиль
 - 3.3. Неоднорідності в лініях передачі НВЧ. Розрахунок матричних параметрів неоднорідних ліній передачі.
 - 3.4. Узгодження в лініях передачі НВЧ. Перетворювачі (трансформатори) опорів
 - 3.5. Балансні дільники (суматори) потужності.
 - 3.6. Кільцеві мости.
 - 3.7. Направлені відгалужувачі: шлейфний та квадратурний.
 - 3.8. Циркулятори.
 - 3.9. Частотно-вибірчі ланцюги. Фільтри НВЧ.
 - 3.10. Фазообертачі.
4. Основні активні компоненти мікрохвильових систем.
 - 4.1. Ланцюги керування амплітудою сигналу (підсилювачі, атенюатори автоматичне керування коефіцієнтом підсилення).
 - 4.2. Підсилювачі потужності. Детектори потужності. Автоматичне регулювання рівня потужності.
 - 4.3. Генератори НВЧ сигналів. Електричне керування частотою генерації.

- 4.4. Ланцюги фазового автоналаштування частоти.
- 4.5. Синтезатори частот.
- 4.6. Змішувачі.
- 4.7. Модулятори та демодулятори.
- 4.8. Антенні пристрої та MIMO системи.
- 5. Приймально-передавальні системи НВЧ.
 - 5.1. Структура квадратурного передавача.
 - 5.2. Структура квадратурного приймача.
- 6. Характеристики мікрохвильових систем.
 - 6.1. Шуми та інтермодуляційне спотворення.
 - 6.2. Часові та частотні характеристики.
 - 6.3. Чутливість приймальних систем.
- 7. Комунікаційні мікрохвильові системи: огляд, тенденції розвитку, перспективи
- 8. Радіолокаційні та радіонавігаційні системи: засади, тенденції розвитку, перспективи.
- 9. Методи вимірювання характеристик НВЧ систем.
 - 9.1. Вимірювання параметрів НВЧ ланцюгів (S-параметри, хвильовий опір, діаграма Сміта). Векторні аналізатори параметрів НВЧ ланцюгів
 - 9.2. Вимірювання спектральних характеристик.
 - 9.3. Вимірювання модуляційних характеристик.
 - 9.4. Вимірювання фазових помилок і шумів.
 - 9.5. Вимірювання чутливості приймальних систем.
- 10. Основи електромагнітної сумісності.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова

- 1. Основи проектування безпроводових комп'ютерних мереж: навч. посібник // Лунтовський А.О., Мельник І.В. – К.: Освіта України, 2011. – 362 с. ISBN: 978-966-188-211-8
- 2. Бондаренко І.М. Мікроелектроніка НВЧ. Ч.2. Напівпровідникові елементи та пристрої НВЧ: навч. посібник для студентів ЗВО. – Харків: ХНУРЕ, 2019. – 172 с.
- 3. Мелков Г. А., Прокопенко О. В. Вибрані розділи з курсу «Мікрохвильова електродинаміка та електроніка»: Навчальний посібник. – К.: Радіофізичний факультет Київського національного університету імені Тараса Шевченка, 2013. – 226 с.
- 4. Основи електродинаміки : навчальний посібник / О. А. Коновал ; Міністерство освіти і науки України ; Криворізький державний педагогічний університет. – Кривий Ріг: Видавничий дім, 2008. – 347 с. : іл. ISBN 978-966-2915-15-0.
- 5. Технічна електродинаміка та поширення радіохвиль: навч. посіб./ В. В. Пілінський.–К.: Національний технічний університет України "КПІ", 2014.– 336 с.
- 6. Чернишов П. М., Самсонов В. П., Чернишов М. П. Технічна електродинаміка: Навч. посіб.— Х.: НТУ «ХПІ», 2006. — 290с. ISBN 966-8690-50-8

Допоміжна

1. Електродинаміка та поширення радіохвиль: Практикум: навч. посіб. / С. І. Пільтяй; КПІ ім. Ігоря Сікорського. — Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. — 54 с.
2. Фіалковський О.Т., Дочкін А.Г., Бондаренко Т.Г. Технічна електродинаміка. Навчальний посібник. - Київ, ДУТ, 2018, 159с.
3. Gupta K.C. Microstrip Lines and Slotlines. 2nd edition / K.C.Gupta, Ramesh Garg, Inder Bahl, Prakash Bhartia. – Artech House., 1996. – 535 p.
4. David M. Pozar Microwave Engineering, 4th Edition. – Wiley Global Education, 2011 . – 752 p.
5. Основи передачі інформації в мікрохвильових системах.
https://ee.kpi.ua/~prok/edu/mwt/inform_basics.pdf
6. Пасивні компоненти мікрохвильових систем.
https://ee.kpi.ua/~prok/edu/mwt/passive_comp.pdf

Інформаційні ресурси

1. Персональна web-сторінка викладача Ю.В.Прокопенко <http://phbme.kpi.ua/~prok>.
2. Електронний кампус КПІ
http://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&sd=10202&cm=18308&rcms=all&ssm=cm&tree_list=
3. http://phbme/~popov/diploma/metod_2012.doc

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Під час вивчення дисципліни «Мікрохвильова техніка» варто зосередитися на необхідності гармонійного поєднання теоретичних аспектів курсу та можливостей і обмежень їх використання у практичній діяльності під час роботи за фахом. Для цього необхідне узгодження лекційного матеріалу з тими задачами, які будуть опрацьовані в ході лабораторних занять та курсової роботи. Методика вивчення дисципліни повинна бути спрямована на досягнення формування у студента системних знань про взаємозв'язок таких аспектів мікрохвильової техніки:

- інформаційних, фізичних, схемотехнічних та технологічних принципів побудови базових вузлів мікрохвильових пристроїв;
- можливостей та обмежень сучасних мікрохвильових пристроїв;
- шляхів реалізації приладів та систем на основі мікрохвильових пристроїв.

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1.	<p>Тенденції та напрямки розвитку сучасних мікрохвильових пристроїв та систем. Особливості дискретизації сигналів у мікрохвильових системах. Перехід до аналітичного сигналу.</p> <p>Література: базова: 1, 2; допоміжна: 4, 5</p> <p>Завдання на СРС: спектральні характеристики вузькополосних сигналів на комплексній площині, властивості дискретного перетворення Фур'є.</p>
2.	<p>Особливості дискретизації сигналів у мікрохвильових системах. Виділення квадратурних складових, дискретизація другого порядку. Квадратурні приймач та передавач.</p> <p>Література: базова: 1; допоміжна: 4, 5</p> <p>Завдання на СРС: властивості комплексного перетворення Фур'є. Калібрування квадратурних приймача та передавача.</p>
3.	<p>Типи модуляції НВЧ сигналів: амплітудна модуляція, частотна модуляція, фазова та амплітудно- фазова маніпуляції, ортогональний частотний поділ каналів (OFDM).</p> <p>Література: базова: 1; допоміжна: 4, 5</p> <p>Завдання на СРС: компенсація зміщення частоти та просторового набігу фази при фазовій та амплітудно-фазовій маніпуляції.</p>
4.	<p>Еквівалентні параметри ліній передачі НВЧ та їх зв'язок з параметрами довгих ліній. Розрахунок еквівалентних параметрів ліній передачі на основі рівнянь електродинаміки.</p> <p>Література: базова: 4, 5; допоміжна: 1, 2, 6</p> <p>Завдання на СРС: зв'язок втрат в лініях передачі з параметрами довгих ліній.</p>
5.	<p>Неоднорідності в лініях передачі НВЧ. Розрахунок матричних параметрів неоднорідних ліній передачі.</p> <p>Література: базова: 4, 5; допоміжна: 1, 2, 6</p> <p>Завдання на СРС: зв'язок параметрів нормованої та ненормованої матриці розсіювання з параметрами матриці передачі.</p>
6.	<p>Балансні дільники (суматори) потужності. Кільцеві мости.</p> <p>Література: базова: 2, 3; допоміжна: 4.</p> <p>Завдання на СРС: зв'язок параметрів матриці розсіювання з параметрами дільників потужності та кільцевих мостів.</p>
7.	<p>Направлені відгалужувачі: шлейфний та квадратурний. Циркулятори.</p> <p>Література: базова: 2, 4; допоміжна: 1, 4.</p> <p>Завдання на СРС: зв'язок параметрів матриці розсіювання з параметрами направлених відгалужувачів та циркуляторів.</p>

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
8.	<p>Ланцюги керування амплітудою сигналу (підсилювачі, атенюатори автоматичне керування коефіцієнтом підсилення).</p> <p>Література: базова: 2, 3; допоміжна: 1, 4</p> <p>Завдання на СРС: класифікація, принципи побудови та конструктивні особливості атенюаторів.</p>
9.	<p>Підсилювачі потужності. Детектори потужності. Автоматичне регулювання рівня потужності.</p> <p>Література: базова: 2, 3, 6; допоміжна: 2, 4</p> <p>Завдання на СРС: класифікація, принципи побудови та конструктивні особливості детекторів потужності.</p>
10.	<p>Генератори НВЧ сигналів. Електричне керування частотою генерації. Ланцюги фазового автоналаштування частоти. Синтезатори частот.</p> <p>Література: базова: 2, 3, 5; допоміжна: 4.</p> <p>Завдання на СРС: генератори НВЧ сигналів. Синтезатори частот.</p>
11.	<p>Змішувачі. Модулятори та демодулятори.</p> <p>Література: базова: 2, 5; допоміжна: 4.</p> <p>Завдання на СРС: калібрування квадратурних модуляторів та демодуляторів</p>
12.	<p>Антенні пристрої та МІМО системи.</p> <p>Література: базова: 5, 6; допоміжна: 1, 2, 4.</p> <p>Завдання на СРС: різновидності МІМО систем.</p>
13.	<p>Шуми та інтермодуляційне спотворення. Часові та частотні характеристики.</p> <p>Література: базова: 1, 5, 6; допоміжна: 2.</p> <p>Завдання на СРС: шляхи боротьби з інтермодуляційним спотворенням.</p>
14.	<p>Чутливість приймальних систем.</p> <p>Література: базова: 2, 3; допоміжна: 2, 4.</p> <p>Завдання на СРС: вимоги до чутливості приймальних систем в залежності від типів модуляції</p>
15.	<p>Комунікаційні мікрохвильові системи: огляд, тенденції розвитку, перспективи. Радіолокаційні та радіонавігаційні системи: засади, тенденції розвитку, перспективи.</p> <p>Література: базова: 1, 5; допоміжна: 1, 2, 4.</p> <p>Завдання на СРС: засади, класифікація та конструктивні особливості радіолокаційних систем</p>
16.	<p>Вимірювання параметрів НВЧ ланцюгів (S-параметри, хвильовий опір, діаграма Сміта). Векторні аналізатори параметрів НВЧ ланцюгів.</p> <p>Література: базова: 3, 5, 6; допоміжна: 4, 6.</p> <p>Завдання на СРС: методи калібрування векторних аналізаторів НВЧ ланцюгів.</p>

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
17.	Вимірювання спектральних та модуляційних характеристик. Вимірювання фазових помилок і шумів. Вимірювання чутливості приймальних систем Література: базова: 1, 5; допоміжна: 1, 5. Завдання на СРС: методи вимірювання чутливості приймальних систем
18.	Основи електромагнітної сумісності. Література: базова: 5; допоміжна: 4. Завдання на СРС: розрахунок характеристик електромагнітних екранів

Метою циклу практичних занять є формування практичних навичок та вмінь синтезувати та аналізувати компоненти мікрохвильових приладів та систем.

№	Назва практичного заняття	Кількість годин
1.	Схеми квадратурних приймача та передавача	2
2.	Фактори, що викликають спотворення квадратурних сигналів та методи їх врахування	2
3.	Типи модуляції та маніпуляції мікрохвильових сигналів	2
4.	Схеми узгодження в лініях передачі НВЧ	2
5.	Методи побудови та схеми НВЧ фільтрів та фазообертачів	2
6.	Методи та схеми автоматичного регулювання рівня потужності НВЧ передавачів	2
7.	Методи та схеми електричного керування частотою НВЧ генераторів	2
8.	Схеми побудови комунікаційних мікрохвильових систем	2
9.	Методи побудови радіолокаційних та радіонавігаційних систем	2
Всього		18

Лабораторні заняття

Мета циклу лабораторних робіт: актуалізація та закріплення теоретичних знань про характеристики компонентів мікрохвильових приладів та систем, отримання практичних навичок їх моделювання та вимірювання.

№	Назва лабораторної роботи	Кількість годин
	Дослідження модуляційних та спектральних характеристик різних типів модуляції	3
	Дослідження характеристик багатозв'язних ліній передачі НВЧ	3
	Моделювання неоднорідностей в інтегральних лініях передачі НВЧ	2
	Дослідження систем автоматичного керування коефіцієнтом підсилення приймачів	2

№	Назва лабораторної роботи	Кількість годин
	Моделювання ланцюгів фазового автоналаштування частоти	2
	Моделювання змішувачів НВЧ сигналів	2
	Моделювання багатоканальної обробки сигналів НВЧ систем	2
	Вимірювання векторних характеристик НВЧ чотирьохполюсника	2
Всього		18

Практичні індивідуальні заняття

Метою практичних є формування практичних навичок аналізу, використання, моделювання і проектування основних вузлів мікрохвильових пристроїв та систем та перевірки знань та вмінь, отриманих на лекційних заняттях.

Тематика практичних індивідуальних завдань:

№	Назва практичного індивідуального завдання	Кількість годин
1.	Схеми пониження частоти мікрохвильових приймачів. Вибір частоти дискретизації сигналів на проміжній частоті.	2
2.	Особливості дискретизації сигналів в передавальних мікрохвильових пристроях. Схеми підвищення частоти.	2
3.	Особливості ортогонального частотного розділення каналів з мультиплексуванням.	2
4.	Вплив геометричних та електрофізичних параметрів ліній передачі для інтегральних схем НВЧ на їх ефективну діелектричну проникність та характеристичний опір	2
5.	Розрахунок характеристик неоднорідностей в мікрохвильових лініях передачі	2
6.	Методи аналізу неоднорідних ліній передачі	2
7.	Методи калібрування векторних аналізаторів параметрів мікрохвильових кіл.	2
8.	Схеми фазового автоналаштування частоти. Фазові детектори.	2
9.	Огляд сучасних комунікаційних мікрохвильових систем.	2
Всього		18

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студента включає опрацювання тем, які в достатній мірі висвітлені в літературних джерелах та виконання індивідуальних завдань

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
	Лінії передачі для інтегральних схем (ІС) НВЧ: симетрична та несиметрична смужкові лінії, симетрична та несиметрична щілинні лінії, копланарна лінія, лінії передачі магнітостатичних хвиль. Література: базова: 3, 4; допоміжна: 3, 6.	6
	Узгодження в лініях передачі НВЧ. Перетворювачі (трансформатори) опорів. Література: базова: 3, 4, 6; допоміжна: 3, 4, 6	3
	Частотно-вибірчі ланцюги. Фільтри НВЧ. Фазообертачі. Література: базова: 2, 3; допоміжна: 1,4.	3

Індивідуальні завдання

Індивідуальні письмові завдання виконуються у вигляді розрахункової роботи. Метою індивідуальних завдань є формування навичок та досвіду аналізу, використання, моделювання і проектування основних вузлів мікрохвильових пристроїв та систем та перевірки знань та вмінь, які отримано на лекційних, практичних та лабораторних заняттях.

Тематика індивідуальних завдань:

№	Назва індивідуального завдання
1.	Модель OFDM передавача та приймача
2.	Моделювання передавача та приймача з амплітудно-фазовою маніпуляцією
3.	Широкопasmово узгодження хвильових опорів мікрохвильових кіл
4.	Алгоритми IQ-калібрування мікрохвильового приймача
5.	Алгоритми IQ-калібрування мікрохвильового передавача
6.	Детектор потужності мікрохвильових сигналів
7.	Дискретний мікрохвильовий фазообертач на основі мікросмужкової лінії
8.	Дискретний мікрохвильовий фазообертач на основі копланарної лінії
9.	Аналоговий мікрохвильовий фазообертач
10.	Смугово-пропускаючий фільтр на основі смужкової лінії
11.	Смугово-загороджуючий фільтр на основі смужкової лінії
12.	Смугово-пропускаючий фільтр на основі копланарної лінії
13.	Смугово-загороджуючий фільтр на основі копланарної лінії
14.	Смугово-пропускаючий фільтр на основі діелектричних резонаторів
15.	Смугово-загороджуючий фільтр на основі діелектричних резонаторів
16.	Фільтр на основі феритових резонаторів з перелаштуванням частоти
17.	Мікрохвильовий направлений відгалуджувач
18.	Мікрохвильовий циркулятор
19.	Схема пониження частоти мікрохвильового приймача
20.	Схема підвищення частоти мікрохвильового передавача
21.	Мікрохвильовий підсилювач з регульовим коефіцієнтом підсилення
22.	Схема автоматичного регулювання підсилення мікрохвильового приймача
23.	Схема автоматичного регулювання потужності мікрохвильового передавача
24.	Мікрохвильовий генератор, керований напругою
25.	Схема фазового автопідлаштування частоти
26.	Мікрохвильовий синтезатор частот
27.	Багатоканальна обробка мікрохвильових сигналів (MIMO системи)
28.	Схема вимірювання параметрів матриці розсіювання
29.	Алгоритми калібрування двох-портових вимірювань параметрів матриці розсіювання
30.	Цифровий спектр-аналізатор

Графік виконання індивідуального завдання:

Тиждень семестру	Назва етапу роботи	Навчальний час
		СРС
1-2	Отримання теми завдання	3
3-5	Підбір та вивчення літератури	9
6-9	Аналіз та синтез мікрохвильового вузла	15
10-13	Моделювання та вимірювання характеристик мікрохвильового вузла	15
14-15	Оформлення пояснювальної записки	6
16	Подання індивідуального завдання на перевірку	3
17	Захист індивідуального завдання	3

Першим етапом виконання індивідуального завдання є огляд літературних джерел, присвячених запропонованій тематиці, включаючи наукові статті останніх років. На цьому етапі детально вивчається завдання, деталізуються параметри та характеристики приладів, формулюються вимоги до алгоритму, методу чи схеми. Етап закінчується обґрунтуванням вибору схеми, методу чи алгоритму, які реалізують потрібну функцію мікрохвильового вузла. На перший етап відводиться три тижні з моменту отримання завдання.

На другому етапі проводиться детальний аналіз фізичних явищ, які виникають у вузлі, що досліджується, визначаються ключові параметри впливу на характеристики об'єкта, проводиться синтез вузла, будується модель процесів та обґрунтовується вибір кількісних параметрів. Етап закінчується детальним вибором усіх кількісних параметрів схеми, методу чи алгоритму. На другий етап відводиться чотири тижні.

На третьому етапі проводиться моделювання кількісних характеристик об'єкта, що досліджується, виявляються переваги та недоліки прийнятого рішення, проводиться уточнення параметрів для того, щоб задовольнити технічне завдання. На етап відводиться чотири тижні.

На четвертому етапі оформляється пояснювальна записка згідно вимог нормативних документів [3 (інформаційні ресурси)]. На цей етап відводиться два тижні.

Оформлена належним чином пояснювальна записка до індивідуального завдання здається на перевірку викладачу не пізніше, ніж за два тижні до початку сесії. Захист індивідуального завдання проводиться на останньому тижні семестру.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Зазначається система вимог, які викладач ставить перед студентом/аспірантом:

- правила відвідування занять (як лекцій, так і практичних/лабораторних);
- правила поведінки на заняттях (активність, підготовка коротких доповідей чи текстів, відключення телефонів, використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача чи в інтернеті тощо);
- правила захисту лабораторних робіт;
- правила захисту індивідуальних завдань;
- правила призначення заохочувальних та штрафних балів;
- політика дедлайнів та перескладань;
- 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)

Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, що він отримує за:

- 1) виконання та захист 8 лабораторних робіт;
- 2) одну модульну контрольну роботу;
- 3) виконання та захист індивідуального завдання
- 4) відповідь на екзамені.

Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання

1. Лабораторні роботи

Ваговий бал – 5. Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи дорівнює 5 балів x 8 лабораторних робіт = 40 балів.

Критерії оцінювання:

- максимальний бал виставляється за лабораторну роботу, виконану вчасно та у відповідності до робочого завдання, якщо отримані правильні результати, охайно виконаний звіт, правильно сформульовані висновки до роботи, на захисті продемонстровано розуміння усіх результатів та етапів їх отримання, вільне володіння теоретичним підґрунтям роботи;

- лабораторна робота оцінюється у 4 бали, якщо маютьесь незначні недоліки при виконанні роботи, отриманих результатах, оформленні звіту, зроблених висновках та при захисті роботи;

- лабораторна робота оцінюється у 3 бали, якщо маютьесь суттєві недоліки при виконанні роботи, отриманих результатах, оформленні звіту, зроблених висновках та при захисті роботи;

- лабораторна робота оцінюється у 2 бали, якщо маютьесь значні недоліки при виконанні роботи, отриманих результатах, оформленні звіту, зроблених висновках та при захисті роботи;

- лабораторна робота оцінюється у 1 бал, якщо лабораторна робота виконана самостійно, повністю у відповідності до робочого завдання та власноручно виконаний звіт, але не захищена.

2. Модульний контроль

Студенти протягом 1 академічної години дають письмові відповіді на 2 теоретичні питання та розв'язують дві задачі. Ваговий бал теоретичного питання – 2. Ваговий бал задачі – 3. Максимальна кількість балів за модульну контрольну роботу дорівнює 2 бали x 2 теоретичні питання + 3 бали x 2 задачі = 10 балів.

Критерії оцінювання:

- максимальна оцінка за відповідь на теоретичне питання виставляється у разі повного та правильного розкриття цілей та задач розглядаємих компонентів, пристроїв чи систем, їх параметрів та характеристик, основних закономірностей функціонування, залежностей характеристик та процесів від параметрів;

- оцінка за відповідь на теоретичне питання знижується якщо є недоліки у відповіді;

- максимальна оцінка за розв'язання задачі виставляється у разі правильності використовуваних рівнянь, формул та виразів; отримання заключної системи рівнянь, її розв'язок з отриманням кількісних оцінок;

- оцінка за розв'язання задачі у 2 бали виставляється якщо правильно наведені вихідні рівняння, формули та вирази; отримана заключна система рівнянь, але її розв'язок, або отримані кількісні оцінки неправильні;

- оцінка за розв'язання задачі в 1 бал виставляється якщо правильно обґрунтовано використання вихідних рівнянь, формул та виразів, але остаточної системи рівнянь не отримано.

3. Індивідуальне завдання

Оцінка за виконання індивідуального завдання складається з наступних критеріїв:

3.1. Якість пояснювальної записки та графічного матеріалу

Ваговий бал – 20.

Критерії оцінювання:

повнота огляду проблеми,
сучасність прийнятих рішень,
оптимальність обраних методів моделювання та проектування,
глибина обґрунтування та розрахунків.

3.2. Якість оформлення, виконання вимог нормативних документів

Ваговий бал – 10.

Критерії оцінювання

охайність,

стиль викладу,

виконання вимог нормативних документів щодо зображень структурних та принципів схем,
креслень тощо,

правильність оформлення списку літератури та посилань.

3.3. Якість виконання графіку роботи над роботою

Ваговий бал – 5.

Критерії оцінювання:

вчасність виконання та представлення етапів виконання роботи,

вчасність подання роботи до захисту.

3.4. Якість захисту

Ваговий бал – 15.

Критерії оцінювання

ступінь розуміння проблеми та взаємозв'язку з суміжними областями,

ступінь володіння матеріалом,

аргументованість рішень,

вміння захищати свою думку.

Таким чином, максимальна оцінка за індивідуальне завдання складає

$20+10+5+15 = 50$ балів.

Необхідною умовою допуску до захисту індивідуального завдання є стартовий бал не менше 50 % від максимального, тобто 25 балів.

4. Екзаменаційна робота

В білеті – 4 питання: 2 теоретичних та 2 задачі. Ваговий бал теоретичного питання – 20.

Ваговий бал задачі – 30. Максимальна кількість балів екзамену дорівнює 20 балів \times 2 теоретичні питання + 30 балів \times 2 задачі = 100 балів.

Екзаменаційну роботу всі студенти повинні писати обов'язково.

Критерії екзаменаційного оцінювання:

- відповідь на теоретичне питання оцінюється виходячи з повноти та правильності освітлення наступних положень: постановка проблеми (місце, роль, цілі та задачі компонентів, пристроїв чи систем, що розглядаються); обґрунтування структурних та принципів схем; аналіз параметрів, характеристик та основних закономірностей; якісний та кількісний опис фізичних процесів та явищ; зв'язок параметрів та характеристик; взаємозв'язок з іншими компонентами, пристроями чи системами; можливості та обмеження використання; перспективи розвитку;

- відповідь на задачу повинно включати: обґрунтування рівнянь, формул та виразів, що використовуються; отримання заключної системи рівнянь, її розв'язок з отриманням кількісних оцінок, їх аналіз та висновки.

Штрафні бали за:

несвоєчасний захист лабораторної роботи – 1 бал за кожне заняття, на якому починається наступна лабораторна робота;

Заохочувальні бали за:

модернізацію лабораторних робіт – 1 бал;

виконання завдань із удосконалення дидактичних матеріалів з дисципліни – 1 бал;

Розрахунок шкали (R) рейтингу:

Розмір стартової шкали $RC = \text{Сумі вагових балів контрольних заходів протягом семестру і складає:}$

$RC = 40 + 10 + 50 = 100$ балів.

Розмір екзаменаційної шкали $RE = 100$ балів.

Розмір шкали рейтингу $RD = RC + RE = 200$ балів

Умови позитивного календарного контролю:

Для отримання «зараховано» з першого календарного контролю (8 тижень) студент матиме не менше ніж 7 балів (за умови, якщо на початок 8 тижня згідно з календарним планом контрольних заходів «Ідеальний» студент має отримати 15 балів).

Для отримання «зараховано» з другого календарного контролю (14 тижень) студент матиме не менше ніж 22 балів (за умови, якщо на початок 14 тижня згідно з календарним планом контрольних заходів «Ідеальний» студент має отримати 45 балів).

Умови допуску до екзамену: позитивний захист індивідуального завдання; всіх лабораторних робіт, а також стартовий рейтинг (rC) не менше 60 % від RC , тобто 60 балів.

Для отримання студентом відповідних оцінок (ECTS та традиційних) його рейтингова оцінка R розраховується, виходячи з фактично набраного стартового рейтингу rC та фактично отриманих балів на екзамені rE , згідно з таблицею:

Набрані бали $R = rC + rE$		Оцінка ECTS	Традиційна оцінка
фактичні	за 100-бальною шкалою		
190...200	95...100	A	Відмінно
170...189	85...94	B	Дуже добре
150...169	75...84	C	Добре
130...149	65...74	D	Задовільно
120...129	60...64	E	Достатньо
$R \leq 120$	$R \leq 60$	Fx	Незадовільно
$rC < 60$ або не виконані інші умови допуску до екзамену	$rC < 30$ або не виконані інші умови допуску до екзамену	F	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Сертифікати проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою можуть бути зараховані за умови виконання вимог, наведених у НАКАЗІ № 7-177 ВІД 01.10.2020 Р. «Про затвердження положення про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті»

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено професором кафедри електронної інженерії, д.т.н., доц. Прокопенко Юрієм Васильовичем.

Ухвалено кафедрою електронної інженерії (протокол № 31 від 21 червня 2023р.)

Погоджено Методичною комісією факультету електроніки (протокол № 06/23 від 29.06.2023р.)