



# [RE-280] ПРИСТРОЇ НВЧ ТА АНТЕНИ В ІОТ ПРИСТРОЯХ



## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	17 - Електроніка, автоматизація та електронні комунікації
Спеціальність	172 - Електронні комунікації та радіотехніка
Освітня програма	Всі ОП
Статус дисципліни	Вибіркова (Ф-каталог)
Форма здобуття вищої освіти	Очна
Рік підготовки, семестр	Доступно для вибору починаючи з 3-го курсу, весняний семестр
Обсяг дисципліни	4 кред. (Лекц. 18 год, Практ. год, Лаб. 36 год, СРС. 66 год )
Семестровий контроль/контрольні заходи	Залік
Розклад занять	<a href="https://schedule.kpi.ua">https://schedule.kpi.ua</a>
Мова викладання	Українська / Англійська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лекц.: <a href="#">Василенко Д. О.</a> , Лаб.: <a href="#">Василенко Д. О.</a> , СРС.: <a href="#">Василенко Д. О.</a>
Розміщення курсу	

### Програма навчальної дисципліни

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

Сучасні пристрої IoT мають в своєму складі до 5-6 різноманітних антен із відповідними трактами передачі. Кожен тракт передачі вимагає вибору лінії передачі, побудови необхідних компонентів на основі обраної лінії передачі. Кожна антена вимагає пристроїв узгодження.

Наприклад, радіоінженери, що розробляють НВЧ частину сучасних вбудованих систем оперують такими поняттями: ефективність антени, коефіцієнт підсилення антени, ширина діаграми спрямованості, загальна потужність випромінювання (TRP), ефективність схеми

узгодження, мікросмужкова і копланарна лінія передачі. Все це розглядається у даній дисципліні.

Засвоєння навчальної дисципліни дає студентам

#### **знання**

- принципів побудови, конструкцій, принципів дії пристроїв надвисоких частот (НВЧ) і антен та фізичних процесів, що в них відбуваються;
- основних властивостей пристроїв НВЧ та антен;
- методів розрахунків параметрів пристроїв НВЧ та антен;
- методики експериментального дослідження характеристик функціональних елементів антенно-фідерного тракту.

#### **уміння:**

- розраховувати параметри простих пристроїв НВЧ та антен;
- вибрати найбільш ефективні антени та пристрої НВЧ для пристроїв IoT;
- провести інженерні розрахунки основних характеристик пристроїв НВЧ і антен;
- провести експериментальне дослідження характеристик і параметрів пристроїв НВЧ і антен.

#### **досвід:**

- виконання розрахунків вузькосмугових узгоджуючи пристроїв мікросмужкового виконання;
- експериментального дослідження характеристик пристроїв НВЧ (подільників потужності, напрямлених відгалужувачів);
- роботи з апаратурою НВЧ діапазону.

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

Вивчення навчальної дисципліни ґрунтується на компетенціях, набутих під час вивчення наступних навчальних дисциплін: «Вища математика», «Загальна фізика» (розділ «Електрика та магнетизм»), «Інформатика», «Основи метрології», "Електродинаміка та поширення радіохвиль".

Курс призначений для всіх ОП крім ОП "ОП: Інформаційна та комунікаційна радіоінженерія".

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

ТЕМАТИКА ЛЕКЦІЙ по частині пристрої НВЧ

### **Розділ 1. Лінії передачі в радіосистемах і пристроях НВЧ.**

Тема 1.1 Основні характеристики та параметри ліній передачі при проектуванні пристроїв НВЧ.

Тема 1.2. Планарні та коаксіальні лінії передачі та їх характеристики.

Тема 1.3. Математична модель регулярної лінії передачі. Вплив режиму хвиль в лінії передачі

на коефіцієнт корисної дії та потужність передачі. Трансформація опорів в лініях передачі.

## **Розділ 2. Елементи антено-фідерних трактів (АФТ).**

Тема 2.1. Елементи АФТ: узгоджені навантаження, роз'єми, переходи між лініями передачі.

Тема 2.2. Неоднорідності в лініях передачі та їх еквівалентні схеми.

## **Розділ 3. Багатополіусники НВЧ та їх характеристики**

Тема 3.1. Хвильові матриці розсіювання та передачі, матриці опорів та провідностей . Фізичний зміст їх елементів.

Тема 3.2. Взаємні, недисипативні багатополіусники, їх властивості.

## **Розділ 4. Подільники потужності і направлені відгалужувачі.**

Тема 4.1. Шестиполіусний, узгоджений подільник на два (резистивний) – топологія, характеристики. Подільник Вілкінсона

Тема 4.2. Квадратурний гібридний подільник потужності

Тема 4.3. Направлені відгалужувачі (НВ): принципи дії, загальні характеристики.

Тема 4.4. Направлені відгалужувачі на зв'язаних мікросмужкльвих лініях передачі.

## **Розділ 5. Фільтри НВЧ.**

Тема 5.1. Класифікація фільтрів та приклади виконання. Фільтр-прототип.

Тема 5.2. Апроксимація характеристик фільтрів. Синтез фільтрів НВЧ. Фільтр із ступінчастою зміною хвильового опору (high Z low Z)

ТЕМАТИКА ЛЕКЦІЙ по частині Антени

## **Розділ 6 . Основи теорії випромінювання. Характеристики і параметри антен**

Тема 6.1. Призначення та визначення антен. Принцип взаємності. Класифікація антен.

Коротка історія розвитку антенної техніки

Тема 6.2. Амплітудна, фазова та поляризаційна характеристики (діаграми) антен

Тема 6.3. Параметри передавальних антен: потужність випромінювання, коефіцієнт спрямованої дії (КСД), Коефіцієнт корисної дії (ККД), коефіцієнт підсилення, вхідний опір, опір випромінювання, діюча довжина (висота), діапазон робочих частот

Тема 6.4. Визначення приймальної антени . Принцип взаємності. Характеристики і параметри приймальної антени.

Тема 6.5. Потужність, яка передається приймальною антеною в узгоджене навантаження. Шумова температура приймальної антени

## **Розділ 7. Типи антен в IoT**

Тема 7.1. Вібраторні антени. Симетричний вібратор, його характеристики та параметри. Узгоджуючі та симетруючі пристрої

Тема 7.2. PIFA та IFA антени

Тема 7.3. Багатодіапазонні та перестроювані антени IoT

Тема 7.4. Ширококуглові антени IoT

## РЕКОМЕНДОВАНИЙ ПЕРЕЛІК ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

Основною метою лабораторних робіт є набуття студентами досвіду та навиків синтезу простих пристроїв НВЧ у програмному середовищі Cadence AWR Microwave Office та практичної роботи з апаратурою НВЧ діапазону, вміння провести експериментальні дослідження характеристик та параметрів антен і пристроїв НВЧ. Провести оброблення результатів досліджень та зробити висновки. Крім того, лабораторні роботи дозволяють викладачу здійснити контроль самостійної роботи студентів впродовж семестру.

Навчальні дослідження передбачаються за такими темами:

1. Подільник Вілкінсона
2. Квадратурний гібридний подільник потужності
3. Фільтри НВЧ діапазону на основі дискретних елементів
4. Узгодження антени IoT

## 4. Навчальні матеріали та ресурси

Основна література:

1. David M. Pozar. Microwave Engineering / David M. Pozar. – USA: John Wiley & Sons, 2005. – 700 р.
2. Василенко, Д. О. Пристрої надвисоких частот: Курсова робота (Частина 1. Вузкосмугове узгодження комплексних навантажень) [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» / Д. О. Василенко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 7,76 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 79 с. – Назва з екрана. – Доступ: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/45719>
3. Василенко, Д. О. Пристрої надвисоких частот. Курсова робота (Частина 2. Ширококуглове узгодження навантажень) [Електронний ресурс] : навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка» / Д. О. Василенко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,18 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 63 с. – Назва з екрана. – Доступ: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/50549>
4. Сучасні методи аналізу, синтезу і оптимізації пристроїв надвисоких частот та антен: методичні рекомендації для студентів напряму підготовки 6.050901 «Радіотехніка» [Електронний ресурс]/ Д. О. Василенко. – К.: НТУУ «КПІ», РТФ, 2015. – 58 с. формату А4. - Доступ: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/16419>

## Навчальний контент

### 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

ЛЕКЦІЙНІ ЗАНЯТТЯ

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
-------	--

1	Лекція 1. Тема 1.1 Основні характеристики та параметри ліній передачі при проектуванні пристроїв НВЧ. Тема 1.2. Планарні та коаксіальні лінії передачі та їх характеристики.
2	Лекція 2. Тема 1.3. Математична модель регулярної лінії передачі. Вплив режиму хвиль в лінії передачі на коефіцієнт корисної дії та потужність передачі. Трансформація опорів в лініях передачі.
3	Лекція 3. Тема 2.1. Елементи АФТ: узгоджені навантаження, роз'єми, переходи між лініями передачі. Тема 2.2. Неоднорідності в лініях передачі та їх еквівалентні схеми.
4	Лекція 4. Тема 2.2. Основні типи ліній передачі та їх характеристики: діелектричні, волоконно-оптичні. Тема 2.3. Математична модель регулярної лінії передачі. Вплив режиму хвиль в лінії передачі на коефіцієнт корисної дії та потужність передачі. Трансформація опорів в лініях передачі.
5	Лекція 5. Тема 3.1. Хвильові матриці розсіювання та передачі, матриці опорів та провідностей . Фізичний зміст їх елементів. Тема 3.2. Взаємні, недисипативні багатополіусники, їх властивості.
6	Лекція 6. Тема 4.1. Шестиполіусний, узгоджений подільник на два (резистивний) – топологія, характеристики. Подільник Вілкінсона
7	Лекція 7. Тема 4.2. Квадратурний гібридний подільник потужності
8	Лекція 8. Тема 4.3. Направлені відгалужувачі (НВ): принципи дії, загальні характеристики. Тема 4.4. Направлені відгалужувачі на зв'язаних мікросмужкльвих лініях передачі.
9	Лекція 9. Тема 5.1. Класифікація фільтрів та приклади виконання. Фільтр-прототип. Тема 5.2. Апроксимація характеристик фільтрів. Синтез фільтрів НВЧ. Фільтр із ступінчастою зміною хвильового опору (high Z low Z)
10	Лекція 10. Тема 6.1. Призначення та визначення антен. Принцип взаємності. Класифікація антен. Коротка історія розвитку антенної техніки
11	Лекція 11. Тема 6.2. Амплітудна, фазова та поляризаційна характеристики (діаграми) антен
12	Лекція 12. Тема 6.3. Параметри передавальних антен: потужність випромінювання, коефіцієнт спрямованої дії (КСД), Коефіцієнт корисної дії (ККД), коефіцієнт підсилення, вхідний опір, опір випромінювання, діюча довжина (висота), діапазон робочих частот
13	Лекція 13. Тема 6.4. Визначення приймальної антени . Принцип взаємності. Характеристики і параметри приймальної антени. Тема 6.5. Потужність, яка передається приймальною антеною в узгоджене навантаження. Шумова температура приймальної антени
14	Лекція 14. Тема 3.1. Вібраторні антени. Симетричний вібратор, його характеристики та параметри. Узгоджуючі та симетруючі пристрої.
15	Лекція 15. Тема 7.2. PIFA та IFA антени
16	Лекція 16. Тема 7.3. Багатодіапазонні антени IoT
17	Лекція 17. Тема 7.3. Багатодіапазонні антени IoT
18	Лекція 18. Тема 7.4. Широкодіапазонні антени IoT

## ЛАБОРАТОРНІ ЗАНЯТТЯ

Основною метою лабораторних робіт є набуття студентами досвіду синтезу пристроїв НВЧ у програмі Cadence AWR Microwave Office та досвіду та навиків практичної роботи з апаратурою СВЧ діапазону, вміння провести експериментальні дослідження характеристик та параметрів пристроїв НВЧ. Провести оброблення результатів досліджень та зробити висновки. Крім того, лабораторні роботи дозволяють викладачу здійснити контроль самостійної роботи студентів впродовж семестру.

№ з/п	Назва лабораторної роботи
1	Подільник Вілкінсона Проводиться синтез подільника Вілкінсона у програмі Cadence AWR Microwave Office, досліджується вплив його геометричних параметрів на характеристики пристрою. Синтезований пристрій вимірюється Pocket VNA. Проводиться порівняння теоретичних і експериментальних даних.
2	Квадратурний гібридний подільник потужності Проводиться синтез квадратурного гібридного подільника у програмі Cadence AWR Microwave Office, досліджується вплив його геометричних параметрів на характеристики пристрою. Синтезований пристрій вимірюється Pocket VNA. Проводиться порівняння теоретичних і експериментальних даних.
3	Фільтри НВЧ діапазону на основі дискретних елементів Створюється фільтр на діапазоні частот 2.4, sub 1 GHz та 5-6 GHz, починаючи із фільтру-прототипу і доподячі його до зразка із врахуванням мікросмужкових ліній, посадкових місць елементів і реальних S-параметрів дискретних елементів.
4	Узгодження антени IoT Проводиться синтез узгодження антени IoT на один із діапазонів (900 МГц, 2.45 ГГц) при умові розміщення її на пластику чи поруч з металевими конструкціями.

### 6. Самостійна робота студента

Для самостійної роботи студента передбачено виконання РГР із наступним завданням:

Узгодити комплексне навантаження  $Z_n$  з мікросмужковою лінією з характеристичним опором  $Z_0$  на частоті  $f_0$ . Для підкладки мікросмужкової лінії задані відносна діелектрична проникність і висота.

Узгодження виконати із застосуванням дискретних ємностей та індуктивностей.

Необхідно визначити, яка схема узгодження буде використовуватись і чому, зобразити на діаграмі Вольперта-Сміта всі необхідні перетворення, розрахувати номінали ємностей та індуктивностей на частоті  $f_0$  і нанести їх на схему узгодження.

Необхідно розрахувати частотну залежність коефіцієнта відбиття отриманої схеми узгодження в діапазоні частот  $0.1f_0 - 2f_0$ .

Необхідно реалізувати отриману схему узгодження у AWR Microwave Office із використанням S-параметрів реальних компонентів і порівняти із результатами теоретичних розрахунків.

## Політика та контроль

### 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

#### Відвідування занять

Відвідування лекційних, практичних та лабораторних занять - згідно «Положенню про організацію освітнього процесу КПІ ім. Ігоря Сікорського.» . Мінімум раз на тиждень викладач

проводить консультації з різних питань кредитного модулю. На консультаціях викладач може надавати допомогу з вивчення матеріалу занять, які були з тих чи інших причин пропущені студентами і мають опанувати їх самостійно.

У будь-якому випадку студентам рекомендується відвідувати усі види занять, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для виконання домашніх завдань, контрольних та розрахункових робіт.

### **Пропущені контрольні заходи**

Результат для студента, який не з'явився на контрольний захід, є нульовим. При пропуску контрольного заходу з поважної причини студенту надається можливість виконати його (написати МКР, відпрацювати лабораторну роботу) в присутності викладача. Якщо пропуск стався без поважної причини, особливо що стосується лабораторної роботи, то питання її відпрацювання вирішується з викладачем при погодженні з керівництвом кафедри. Пропущений іспит не зараховується незалежно від причин пропуску; у такому випадку студент отримує запис у відомості «не з'явився», якщо має право допуску до екзамену, та повинен скласти іспит на додатковій сесії.

### **Оголошення результатів контрольних заходів**

Результати виконання МКР оголошуються кожному студенту окремо. При спілкуванні наживо, за бажанням студента, він може отримати пояснення, в яких можна побачити свою оцінку за певними критеріями оцінювання.

Захист виконаного розділу РГР проходить у формі співбесіди з викладачем. Під час захисту студент зобов'язаний вміти пояснити отримані результати та відповісти на головні теоретичні питання за темами розділів. Результати захисту оголошуються студенту у його присутності або в дистанційній формі спілкування та супроводжуються певними коментарями та зауваженнями стосовно помилок. (Дистанційна форма спілкування в системі Zoom, Telegram, Skype, Google Meets з відео та звуком).

Результати за виконану лабораторну роботу виставляються по закінченню її виконання та захисту.

### **Академічна доброчесність**

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 «Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

### **Норми етичної поведінки**

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 «Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

### **Процедура оскарження результатів контрольних заходів**

Студенти мають можливість підняти будь-яке питання, яке стосується процедури проведення та/або оцінювання контрольних заходів, та очікувати, що воно буде розглянуто згідно із наперед визначеними процедурами.

Студенти мають право оскаржити результати контрольних заходів, але обов'язково аргументовано, пояснивши, з яким критерієм не погоджуються відповідно до оціночного листа та/або зауважень.

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

PCO складається з балів, одержаних за виконання таких робіт:

- Виконання і захист кожної з 4 лабораторних робіт - 15 (7.5 - синтез і вимірювання, 7.5 - захист)
- Модульна контрольна робота - 10
- Виконання і захист РГР - 30 (10 - теоретичний розрахунок, 10 - реалізація у AWR, 10 - захист)

Кожен з видів робіт оцінюється по 100 бальній шкалі і перераховується пропорційно у бальну оцінку.

Умови позитивної проміжної атестації

Для отримання «зараховано» з першої проміжної атестації (8 тиждень) студент має одержати не менше ніж 20 балів.

Для отримання «зараховано» з другої проміжної атестації (14 тиждень) студент має одержати не менше ніж 40 балів.

Система рейтингової оцінки успішності доводиться до відома студентів на першій лекції семестру. Хід одержання рейтингових балів повідомляється студенту викладачем, що виконує рейтингову оцінку успішності.

Підсумовування оцінок відбувається під час останньої лекції семестру.

**Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою**

<b>Кількість балів</b>	<b>Оцінка</b>
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**

На лабораторних роботах отримуються основи з використання програми Cadence AWR Microwave Office. Синтезовані пристрої вимірюються на сучасному VNA - Pocket VNA.

---

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

**Складено** [Василенко Д. О.](#);

**Ухвалено** кафедрою РІ (протокол № 06/2025 від 24.06.2025 )

**Погоджено** методичною комісією факультету/ІНІ (протокол № 06/2025 від 25.06.2025 )