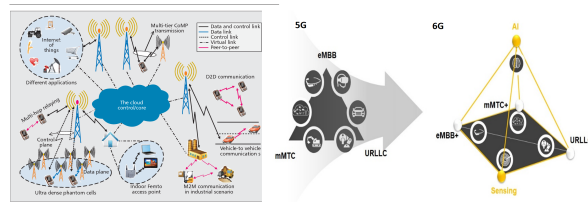




## [RE-78] РАДІОМЕРЕЖІ



### Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

#### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Другий (магістерський)
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 1-го курсу, весняний семестр
Обсяг дисципліни	4 кред. (Лекц. 18 год, Практ. год, Лаб. 36 год, СРС. год )
Семестровий контроль/контрольні заходи	Залік
Розклад занять	<a href="https://rozklad.kpi.ua">https://rozklad.kpi.ua</a>
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лекц.: <a href="#">Головін В. А.</a> , Лаб.: <a href="#">Головін В. А.</a> ,
Розміщення курсу	<a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=4356">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=4356</a>

#### Програма навчальної дисципліни

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

**Коротка анотація до курсу.** Постійний і сталий розвиток інформаційних технологій, розширення об'єктів обміну інформацією вимагає значного поліпшення сучасних мереж з радіодоступом, збільшення швидкості передачі даних, підвищення надійності зв'язку, зменшення затримок, освоєння частотних діапазонів НВЧ.

Дисципліна «Радіомережі» допоможе здобувачам вищої освіти засвоїти базові знання з архітектури сучасних радіомереж, еволюції та напрямків розвитку підсистем радіодоступу LTE G5.

Вивчення навчальної дисципліни сприяє формуванню здатності виконувати розрахунки зон

покриття та трафіку стільникових мереж, моделювання радіоканалів та виконувати дослідження їх завадостійкості, спектральної та енергетичної ефективності.

**Мета:** Метою навчальної дисципліни є формування у студентів здатностей:

- ознайомлення з принципами побудови сучасних мереж безпроводного доступу;
- вибору ефективних алгоритмів побудови радіоканалів мереж на канальному та фізичних рівнях ;
- розрахунків та проектування радіомереж на сучасному програмному забезпеченні.

**компетентності** - здатність використовувати базові методи, способи та засоби передавання, інформації в мережах з радіодоступом.

**знання:**

- архітектури радіомереж;
- сучасних методів модуляції та кодування, адаптації в радіоканалах;
- протоколів множинного доступу;
- методів аналізу та проектування радіомереж.

**уміння:**

- проектування мобільних стільникових мереж;
- моделювати сучасні радіоканали та досліджувати їх характеристики;
- розраховувати зони покриття;
- розраховувати енергетичний бюджет радіоканалів;
- розраховувати трафік мережі.

**досвід:**

- моделювання та дослідження радіоканалів;
- проектування радіомережі в сучасному програмному забезпеченні.

...

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

**Пререквізити**

Ефективність вивчення дисципліни залежить від рівня знань і умінь отриманих за час навчання як іноземна мова (бажано, англійська), математика, «Інформатика3», «Цифрові пристрої», «Цифрове оброблення сигналів», «Радіопередавальні пристрої», «Радіоприймальні пристрої», «Основи теорії передавання інформації» «Основи мобільного зв'язку», «Статистична радіотехніка».

**Постреквізити**

Знання і вміння, отримані здобувачами вищої освіти магістр при вивченні даного курсу використовуються при виконанні магістерської роботи та інженерній і науковій діяльності.

...

**3. Зміст навчальної дисципліни**

№ з/п	Назва теми та перелік основних питань (посилання на літературу)
1	Модель відкритих систем OSI. Класифікація, основні напрямки розвитку радіомереж.

2	Основні характеристики поширення радіохвиль. Багатопроменеві канали. Час розсіювання, когерентна смуга частот, час когерентності каналу, ефект Допплера. Види федингів. Методи вимірювання характеристик каналів поширення радіохвиль. Моделі та методи розрахунків рівня сигналів.
3	Сучасні напрямки розвитку технологій побудови радіоканалів. Основні параметри радіоканалів: спектральна ефективність, енергетичні параметри, пропускна здатність
4	Канали з розділенням смуги частот на парціальні канали. (OFDM). Енергетичні та спектральні характеристики. Цифрові методи формування сигналів в передавачі та демодуляції в приймачах
5	Канали з розширеним спектром. Пряме розширення спектру, розширення спектру стрибками частоти, енергетичний вигреш. Характеристики послідовностей які використовуються для розширення спектру. Кореляційні функції послідовностей.
6	Системи MIMO. Рознесення сигналів на прийомі та передачі. Реалізація каналів з незалежними завмираннями. Алгоритм Аламоуті. Просторово-часові алгоритми обробки сигналів .STC. STBC. Кодування та перекодування. Багатопотокові системи передачі даних. Системи SU-MIMO, MU-MIMO.
7	Адаптивні антенні решітки смарт антени формування діафрагм направленості. Перспективи розвитку ЦАР. Адаптивні радіоканали . Алгоритми отримання параметрів поширення хвиль. Використання інформації в передавачах приймачах. Адаптивна модуляція та кодування. Проблеми застарілої інформація в каналах з малим часом когерентності каналу. Адаптивні антенні системи.
8	Радіо канали UWB(Ultra-Wide Band). Технології побудови мереж в діапазоні 60Ггц. Радіо через оптоволокно( Radio over Fiber (RoF)
9	Архітектура сучасних телекомунікаційних мережах. Мережі з випадковою організацією. Mesh-мережі

...

#### 4. Навчальні матеріали та ресурси

Електронні версії підручників базової літератури, методичні вказівки до виконання лабораторних робіт, приклади рішення задач ,побудови графіків, довідкові системи пакетів доступні студентам на сервері кафедри.

##### Базова

1. Головін, В. А. Радіомережі. Багатоантенні системи [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» / В. А. Головін, О. О. Шпилька ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл 6,51 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 169 с. [ELAKPI: Радіомережі. Багатоантенні системи](#)
2. A.Goldsmith. Wireless Communications [http://fa.ee.sut.ac.ir/Downloads/AcademicStaff/1/Courses/7/Andrea%20Goldsmith-Wireless%20Communications-Cambridge%20University%20Press%20\(2005\).pdf](http://fa.ee.sut.ac.ir/Downloads/AcademicStaff/1/Courses/7/Andrea%20Goldsmith-Wireless%20Communications-Cambridge%20University%20Press%20(2005).pdf) Копія на сайті кафедри.
3. Yong Soo Cho, Jaekwon Kim, Won Young Yang, Chung G. Kang MIMO-OFDM WIRELESS COMMUNICATIONS WITH MATLAB <https://www.pdfdrive.com/mimo-ofdm-wireless-communications-with-matlab-d157098362.html> Копія на сайті кафедри.
4. Системи телекомунікацій .Підруч.для ВНЗ, За ред. М.І. Мазуркова і В.І. Правди, Одесса - ТЕС, 2005.

#### 13. Інформаційні ресурси

1. Сервер кафедри РТПС (методичні вказівки, електронні версії підручників)
2. «Кампус» НТУУ «КПІ» (програми, методичні вказівки)

## Навчальний контент

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

Календарно-тематичний план (схема) навчальної дисципліни

Лекцій 9. Практичних заняття 9. Лабораторних робіт 9. Розрахункова робота.

№ тижня	Вид і номер заняття	Тема заняття або завдання на самостійну роботу	К-ть годин
1	Лекція 1	Модель відкритих систем OSI. Класифікація, основні напрямки розвитку радіомереж. [1] 19-64с., [2] 82-90с.	2
1	Лабораторна робота 1	Моделювання та дослідження характеристик радіоканалів в Matlab, Simulink	4
2	Лекція 2	Основні характеристики поширення радіохвиль. Багатопроменеві канали. Час розсіювання, когерентна смуга частот, час когерентності каналу, ефект Доплера. Види федингів. Методи вимірювання характеристик каналів поширення радіохвиль. Моделі та методи розрахунків рівня сигналів. [6] 69-112	2
2	Лабораторна робота 2	Ознайомлення з програмами розрахунків радіомереж ATDA IC Telecom	4
3	Лекція 3	Сучасні напрямки розвитку технологій побудови радіоканалів. Основні параметри радіоканалів: спектральна ефективність, енергетичні параметри, пропускна здатність	2
3	Лабораторна робота 3	Розрахунок стільникових мереж	4
4	Лекція 4	Канали з розділенням смуги частот на парціальні канали. (OFDM). Енергетичні та спектральні характеристики. Цифрові методи формування сигналів в передавачі та демодуляції в приймачах [1] 254-280 с.	2
4	Лабораторна робота 4	Моделювання та дослідження характеристик радіоканалів з OFDM, F-OFDM	4
5	Лекція 5	Канали з розширеним спектром. Пряме розширення спектру, розширення спектру стрибками частоти, енергетичний вигреш. Характеристики послідовностей які використовуються для розширення спектру. Кореляційні функції послідовностей. [6] 258-343 [5] 179-220	2
5	Лабораторна робота 5	Моделювання та дослідження характеристик радіоканалів з розширенням спектру.	4
6	Лекція 6	Системи MIMO. Рознесення сигналів на прийомі та передачі. Реалізація каналів з незалежними завмираннями. Алгоритм Аламоуті. Просторово-часові алгоритми обробки сигналів .STC. STBC. Кодування та перекодування. Багатопотокові системи передачі даних. Системи SU-MIMO, MU-MIMO.	2
6	Лабораторна робота 6	Моделювання та дослідження характеристик системи MIMO з просторовими каналами	4
7	Лекція 7	Адаптивні антенні решітки смарт антени формування діафрагм направленості. Перспективи розвитку ЦАР. Адаптивні радіоканали. Алгоритми отримання параметрів поширення хвиль. Використання інформації в передавачах приймачах. Адаптивна модуляція та кодування. Проблеми застарілої інформації в каналах з малим часом когерентності каналу. Адаптивні антенні системи.	2
7	Лабораторна робота 7	Моделювання та дослідження характеристик системи MIMO з рознесенням на стороні передавача	4
8	Лекція 8	Радіо канали UWB (Ultra-Wide Band). Технології побудови мереж в діапазоні до 60 ГГц. Радіо через оптоволокно (Radio over Fiber (RoF))	2

8	Лабораторна робота 8	Моделювання та дослідження характеристик системи МІМО з рознесенням на стороні приймача	4
9	Лекція 9	Архітектура сучасних телекомунікаційних мережах. Мережі з випадковою організацією. Mesh-мережі	2
9	Лабораторна робота 9	Моделювання та дослідження характеристик системи МІМО з адаптивними методами формування діаграми направленості	4
<i>Всього за змістовий модуль - 120 год. (Лекцій - 18 год., лабораторні роботи 36 год., самостійної роботи -66 год.)</i>			

...

## 6. Самостійна робота студента

№ тижня	Вид і номер занять	Тема заняття або завдання на самостійну роботу	К-ть годин
2,3	Самостійна робота 1	Ознайомлення з програмами розрахунків стільникових мереж, виконання задач по розрахунку стільникових	20
Протягом 9 тижнів	Самостійна робота 2	Виконання та захист лабораторних робіт	18
4	Самостійна робота 3	Ознайомлення з теоретичною частиною розрахункової роботи	6
5,6	Самостійна робота 4	Виконання першої частини розрахункової роботи	10
7,8	Самостійна робота 4	Виконання другої частини розрахункової роботи. Оформлення	12
<i>Всього самостійної роботи - 66 год.)</i>			

...

## Політика та контроль

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

- самостійне виконання навчальних завдань, завдань поточного та підсумкового контролю результатів навчання;
- якісне та дострокове виконання навчальних завдань заохочується додатковими балами;
- посилання на джерела інформації у разі використання ідей, розробок, тверджень, відомостей;
- дотримання норм законодавства про авторське право і суміжні права
- надання достовірної інформації про результати власної (наукової, творчої) діяльності, використані методики досліджень і джерела інформації.

...

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

#### Умови допуску до підсумкового контролю(заліку):

- 1) До підсумкового контролю допускаються студенти, які відвідали усі передбачені навчальною програмою з дисципліни аудиторні навчальні заняття, та при роботі над навчальним матеріалом змістових модулів набрали кількість балів, не меншу за 60.
- 2) Здобувачеві вищої освіти, який з поважної причини мав пропуски навчальних занять, вносять корективи до індивідуального навчального плану і дозволяють відпрацювати академічну заборгованість до певного визначеного терміну.

#### Критерії оцінювання кожного з видів робіт

При оцінці знань за основу беруть повноту та правильність виконання завдань.

Максимальна оцінка за виконання лабораторної роботи -5 балів. Робота виконана в повному обсязі, без помилок. Робота виконана в неповному обсязі, допущені помилки 0-2 бали.

Максимальна оцінка за виконання модульної контрольної роботи -15 балів. Максимальну оцінку здобувач отримує за контрольну виконану без помилок, у повному обсязі, при виконанні якого продемонстровано достатньо високий рівень знань та умінь при розрахунку зон покриття, енергетичних характеристик та трафіку .

Оцінку 10 здобувач отримує за повне виконання роботи з незначними помилками.

Оцінку 5 здобувач отримує за повне виконання роботи з незначними помилками, неякісним оформленням графіків, та виконану за час більше встановленого терміну (> 20%)

Максимальна оцінка за виконання кожного індивідуального завдання, яку може отримати здобувач вищої освіти -20 балів. Максимальну оцінку здобувач отримує за індивідуальне завдання виконане без помилок, у повному обсязі, при виконанні якого продемонстровано достатньо високий рівень володіння навчальним матеріалом, а також сформовані практичні навички. Робота має бути оформленою відповідно до вказаних вимог і представлена на перевірку у встановлений термін.

Оцінку 10 балів здобувач отримує за індивідуальне завдання виконане у повному обсязі, яке має незначні недоліки, такі як невиконання деяких вимог до оформлення графічної частини роботи або незначні помилки. Робота має бути представлена на перевірку у встановлений термін.

Оцінку 5 балів здобувач отримує за індивідуальне завдання виконане у повному обсязі, без помилок або з незначними помилками, але представлено пізніше встановленого терміну.

При оцінюванні використовується рейтингове оцінювання та лінійне нормування критеріальних показників.

...

#### **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)**

*перелік питань, які виносяться на семестровий контроль*

1. Основні характеристики і параметри каналів поширення хвиль.
2. Види федінгів та вплив на завадостійкість, швидкість передачі даних .
3. Канали з розширення спектру. Приймач Рейка.
4. Канали з OFDM.

5. Умови та методи розділення каналів.
6. Багато антенні системи в системах радіодоступу мереж.
7. MIMO. SISO, SIMO, MISO, MU-MIMO.
8. Спектральні та енергетичні характеристики радіоканалів.
9. Архітектура сучасних радіомереж.
10. Стільникові мережі з частотним та кодовим розділенням каналів

...

**Опис матеріально-технічного та інформаційного забезпечення дисципліни**

Лабораторія 202-17 16-20 ПК . Математичні моделі каналів зв'язку в системі MatLab, Simulink.  
Програма розрахунків та проектування радіомереж ATDI IC Telecom.

---

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

**Складено** [Головін В. А.](#);

**Ухвалено** кафедрою РТС (протокол № 06/2023 від 22.06.2023 )

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