

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра інформаційно-комунікаційних технологій
ім. О.О. Зеленського (№ 504)

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Гарант освітньої програми



Ірина ВАСИЛЬЄВА

(підпис)

(ім'я та прізвище)

26 серпня 2024 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА ОБОВ'ЯЗКОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«Супутникові і наземні системи передачі даних»

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 17 «Електроніка, автоматизація та електронні комунікації»

(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 172 «Електронні комунікації та радіотехніка»

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма: «Інжиніринг і програмування інфокомунікаційних систем»

(найменування освітньої програми)


Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Харків 2024 рік

Розробник: доцент, к.т.н. Вікторія АБРАМОВА

(посада, науковий ступінь і вчене звання, ім'я та прізвище)



(підпис)

Робочу програму навчальної дисципліни розглянуто на засіданні кафедри № 504 інформаційно-комунікаційних технологій ім. О.О. Зеленського

Протокол № 1 від 26 серпня 2024 р.

Завідувач кафедри д.т.н., професор

(науковий ступінь і вчене звання)



(підпис)

Володимир ЛУКІН

(ім'я та прізвище)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показника	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)
Кількість кредитів – 5	<p>Галузь знань 17 «Електроніка, автоматизація та електронні комунікації» (шифр і найменування)</p> <p>Спеціальність 172 «Електронні комунікації та радіотехніка» (код і найменування)</p> <p>Освітня програма <u>«Інжиніринг і програмування інфокомунікаційних систем»</u> (найменування)</p> <p>Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)</p>	Обов'язкова
Кількість модулів – 2		Навчальний рік
Кількість змістовних модулів – 3		2024/2025
Індивідуальне завдання <u>розрахункова робота</u> (назва)		Семестр
Загальна кількість годин – 60*/150		8-й/6-й**
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 5 самостійної роботи здобувача – 7,5		Лекції*
		36 годин
		Практичні, семінарські*
		24 години
		Лабораторні*
	- годин	
	Самостійна робота	
	90 годин	
	Вид контролю	
	модульний контроль, іспит	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: 60/90

* Аудиторне навантаження може бути зменшене або збільшене на одну годину залежно від розкладу занять.

** Для здобувачів, які навчаються за скороченим терміном.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета вивчення: формування у студентів теоретичних та практичних знань та навичок, що необхідні для їх участі у проектуванні, виробництві та експлуатації радіорелейних та супутникових систем і мереж зв'язку, забезпечення надійності прийому і передачі інформаційних даних у каналах зв'язку в умовах впливу різноманітних завад атмосферного та штучного походження.

Завдання: вивчення принципів організації та методів побудови наземних та супутникових засобів радіозв'язку, які широко застосовуються у міжнародних, національних і регіональних системах передачі аналогової та цифрової інформації, сигналів телебачення та радіомовлення, персонального зв'язку, спеціалізованих системах професійного зв'язку, методів розрахунку їх системних характеристик та структур, методів забезпечення надійності прийому і передачі інформаційних даних у каналах зв'язку в умовах впливу різноманітних завад атмосферного та штучного походження.

Компетентності, які набуваються:

ЗК2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК4. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК7. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

СК2. Здатність вирішувати стандартні завдання професійної діяльності на основі інформаційної та бібліографічної культури із застосуванням інформаційно-комунікаційних технологій і з урахуванням основних вимог інформаційної безпеки.

СК3. Здатність використовувати базові методи, способи та засоби отримання, передавання, обробки та зберігання інформації.

СК4. Здатність здійснювати комп'ютерне моделювання пристроїв, систем і процесів з використанням універсальних пакетів прикладних програм.

Очікувані результати навчання:

ПРН1 – знання і розуміння теорій та методів фундаментальних та загальноінженерних наук в обсязі, необхідному для досягнення інших результатів освітньої програми.

ПРН2 – вміння застосовувати базові знання основних нормативно-правових актів та довідкових матеріалів, чинних стандартів і технічних умов, інструкцій та інших нормативних документів у галузі телекомунікацій та радіоелектроніки.

ПРН4 – спроможність аналізувати інженерні задачі, процеси і системи, обирати і застосовувати придатні типові аналітичні, розрахункові та експериментальні методи.

ПРН5 – вміння проводити розрахунки елементів телекомунікаційних систем, інфокомунікаційних та телекомунікаційних мереж та радіотехнічних систем згідно технічного завдання та використовувати для цього комп'ютеризовані засоби.

ПРН6 – здатність знаходити оптимальне рішення з реалізації проектів телекомунікаційних пристроїв та систем у відомих та нестандартних ситуаціях.

ПРН8 – уміння використовувати інформацію про технічні характеристики, конструктивні особливості, призначення та умови експлуатації устаткування та обладнання при вирішенні задач з розподілу та обробки інформації.

ПРН9 – вміння раціонально обирати та застосовувати стандартизовані методи та засоби вимірювань відповідних фізичних величин при встановлених вимогах до точності та достовірності вимірювань; опрацьовувати результати вимірювань та подавати їх в потрібній формі; вивчати нову вимірювальну техніку.

ПРН10 – вміння налагоджувати телекомунікаційне обладнання, виконувати підбір елементів мережі, що поєднуються між собою та робити економічне обґрунтування свого вибору.

Пререквізити – «Фізика», «Розповсюдження радіохвиль та антени».

Кореквізити – «Технології і системи бездротового зв'язку», «Пристрої приймання, формування та обробки сигналів».

Постреквізити – розрахунки параметрів та аналіз роботи радіорелейних та супутникових систем зв'язку під час курсового та дипломного проектування.

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1.

Змістовний модуль 1. Основні характеристики сигналів та типових каналів радіорелейних та супутникових засобів радіозв'язку.

Тема 1. Первинні сигнали електрозв'язку і їх фізичні характеристики.

Основні етапи розвитку радіорелейних та супутникових систем зв'язку, їх роль і місце у сучасному інформаційному просторі. Класифікація первинних сигналів, відмітні особливості аналогових (безперервних), дискретних і цифрових сигналів. Класифікація первинних сигналів. Основні характеристики сигналів електрозв'язку. Миттєва потужність, енергія сигналу, автокореляційна функція. Основні характеристики телефонних, радіомовних, телевізійних, телеграфних, факсимільних сигналів і сигналів передачі даних.

Тема 2. Типові канали передачі радіорелейних та супутникових систем зв'язку та їх характеристики.

Типові канали передачі. Основні характеристики каналів тональної частоти. Характеристики каналу звукового віщання. Типові канали передачі даних. Основні норми на електричні характеристики і параметри широкосмугових каналів телекомунікаційних мереж. Організація двосторонніх каналів. Основні енергетичні характеристики радіоліній. Ослаблення сигналу в радіоканалах, пов'язане з впливом атмосфери. Ослаблення сигналу в радіоканалах, пов'язане з впливом земної поверхні. Аналіз енергетичного ресурсу каналу зв'язку. Енергетичний резерв лінії зв'язку.

Тема 3. Принципи багатоканальної передачі і особливості побудови цифрових трактів систем зв'язку.

Багатоканальні системи. Класифікація багатоканальних систем зв'язку. Операції перетворення і розділення в багатоканальних системах і вимоги до них. Принципи і умови ортогональності в часовій і частотній областях. Формування каналних сигналів в багатоканальних системах. Синусоїдальні, імпульсні, імпульсно-імпульсні переносники. Формування імпульсно-кодово-модульованого (ІКМ) сигналу. Ефективність багатоканальних систем передачі. Пропускна спроможність багатоканальної системи передачі. Багатостанційний доступ з частотним (МДЧР) і часовим (МДВР) розділенням. Придушення сигналів МДЧР в нелінійних пристроях посилення. Порівняння продуктивності МДЧР і МДВР. Протоколи множинного доступу фіксованого і динамічного розподілу по каналах (множинний доступ з наданням каналів на вимогу).

Модульний контроль

Змістовний модуль 2. Основи побудови радіорелейних і тропосферних систем зв'язку.

Тема 1. Основи побудови аналогових радіорелейних ліній прямого зв'язку.

Узагальнена структура та класифікація радіорелейних ліній (РРЛ). Частотні плани радіорелейних ліній. Режими роботи радіорелейних станцій. Багатоствольний принцип побудови РРЛ. Характеристики і параметри радіорелейних систем. Принципи організації багато ствольних радіорелейних систем. Структура приймально-передаючих трактів апаратури аналогових радіорелейних систем з частотним поділом каналів і частотною модуляцією (ЧРК-ЧМ). Особливості побудови трактів апаратури радіорелейних станцій, що працюють в різних режимах. Загальні принципи аналізу енергетичних характеристик та показників якості аналогових радіорелейних систем зв'язку. Антени, що використовуються в РРЛ. Сучасні тенденції розвитку обладнання РРЛ. Особливості розрахунку трас РРЛ в умовах їх експлуатації. Особливості розрахунку трас РРЛ при проектуванні РРЛ. Особливості розрахунку трас РРЛ при розробці радіорелейних станцій (РРС) та оцінюванні їх ефективності. Розрахунок рівнів сигналу на інтервалах РРЛ. Завмирання сигналів на інтервалах РРЛ. Їх типи та особливості. Особливості передачі по РРЛ сигналів багатоканальної телефонії. Особливості передачі по РРЛ телевізійних сигналів. Мінімально допустиме значення множника послаблення. Стійкість сигналу РРЛ. Розрахунок стійкості на інтервалі РРЛ. Методи підвищення стійкості сигналу на інтервалах РРЛ.

Тема 2. Тропосферні радіорелейні лінії зв'язку.

Механізм дальнього тропосферного розповсюдження (ДТР) ультра коротких хвиль (УКХ). Завмирання та середній рівень сигналу при ДТР. Методи зменшення радіусу кореляції сигналів. Особливості умов роботи та побудови тропосферних радіорелейних станцій. Структурна схема проміжної станції тропосферної РРЛ (ТРРЛ) при зчетвереному прийомі з частотним та просторовим рознесенням. Особливості приймальних та передавальних пристроїв ТРРЛ. Методи і основні схеми рознесеного прийому.

Тема 3. Цифрові радіорелейні лінії.

Стандарти та скорості передачі цифрових сигналів за допомогою РРЛ. Способи побудови цифрових РРЛ. Основні показники цифрових РРЛ. Особливості організації передачі цифрових сигналів в аналогових стволах РРЛ. Особливості організації цифрових стволів в аналогових РРЛ. Особливості побудови цифрових РРЛ синхронної ієрархії.

Модульний контроль

Змістовний модуль 3. Основи побудови супутникових систем зв'язку.

Тема 1. Принципи побудови та характеристики сегментів супутникових систем зв'язку (ССЗ).

Призначення, види та класифікація за орбітальними ознаками. Геоостаціонарні, середньо орбітальні та низькоорбітальні ССЗ. Склад супутникових систем, характеристики космічних апаратів та засобів виведення на орбіту. Характеристика сегментів супутникових систем. Діапазони частот для супутникового зв'язку. Геометричні показники орбіт та зони радіовидимості. Енергетичні показники супутникових систем зв'язку. Енергетичний ресурс та продуктивність системи. Узагальнене рівняння лінії супутникової зв'язку. Особливості розрахунку впливу атмосфери на енергетичні характеристики супутникових систем зв'язку.

Тема 2. Основні характеристики земних станцій та бортової апаратури штучних супутників Землі.

Типи штучних супутників Землі та їх особливості. Особливості побудови бортових ретрансляторів (БРТ). Класифікація БРТ та їх особливості. Склад бортової апаратури, вимоги до бортових ретрансляторів та їх шумові характеристики, види та структури ретрансляторів без регенерації сигналів та з регенерацією. Особливості апаратури приймальних і передаючих пристроїв земних станцій.

Тема 3. Архітектура побудови і характеристики існуючих супутникових систем зв'язку.

Міжнародні консорціуми супутникового зв'язку. Особливості геоостаціонарної системи Intelsat. Особливості геоостаціонарної системи Eutelsat.

Модуль 2.

Розрахункова робота.

4. Структура навчальної дисципліни

Назва змістовного модуля і тем	Кількість годин				
	Усього	У тому числі			
		л	п	лаб.	с. р.
1	2	3	4	5	6
Модуль 1					
Змістовний модуль 1. Основні характеристики сигналів та типових каналів радіорелейних та супутникових засобів радіозв'язку					
Тема 1. Первинні сигнали електрозв'язку і їх фізичні характеристики.	7	3	-	-	4
Тема 2. Типові канали передачі радіорелейних та супутникових систем зв'язку та їх характеристики.	12	4	-	-	8
Тема 3. Принципи багатоканальної передачі і особливості побудови цифрових трактів систем зв'язку.	12	4	-	-	8
Модульний контроль	1	1	-	-	-
Разом за змістовним модулем 1	32	12	-	-	20
Змістовний модуль 2. Основи побудови радіорелейних і тропосферних систем зв'язку					
Тема 1. Основи побудови аналогових радіорелейних ліній прямого зв'язку.	22	6	10	-	6
Тема 2. Тропосферні радіорелейні лінії зв'язку.	10	3	-	-	7
Тема 3. Цифрові радіорелейні лінії.	15	2	6	-	7
Модульний контроль	1	1	-	-	-
Разом за змістовним модулем 2	48	12	16	-	20
Змістовний модуль 3. Основи побудови супутникових систем зв'язку					
Тема 1. Принципи побудови та характеристики сегментів супутникових систем зв'язку (ССЗ).	10	4	-	-	6
Тема 2. Основні характеристики земних станцій та бортової апаратури штучних супутників Землі.	16	4	4	-	8
Тема 3. Архітектура побудови і характеристики існуючих супутникових систем зв'язку.	12	2	4	-	6
Модульний контроль	1	1	-	-	-
Разом за змістовним модулем 3	39	11	8	-	20
Усього годин	119	35	24	-	60
Модуль 2					
Індивідуальне завдання	30	-	-	-	30
Контрольний захід	1	1	-	-	-
Усього годин	150	36	24		90

5. Теми семінарських занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Не передбачені навчальним планом	
	Разом	

6. Теми практичних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Дослідження енергетичних характеристик радіорелейних систем зв'язку	4
2	Оцінка впливу атмосферних явищ на енергетичні показники радіо ліній ССЗ	4
3	Дослідження ефективності методів підвищення стійкості сигналів на інтервалах РРЛ	4
4	Дослідження перспективних методів прийому сигналів в РРЛ	4
5	Визначення потужності сукупного сигналу передавача транспондера космічного апарата	2
6	Дослідження принципів побудови та визначення характеристик супутникових радіонавігаційних систем	2
7	Дослідження показників якості цифрових систем зв'язку	2
8	Дослідження методів кодування цифрових систем передачі	2
	Разом	24

7. Теми лабораторних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Не передбачені навчальним планом	
	Разом	

8. Самостійна робота

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Основні характеристики сигналів та типових каналів радіорелейних та супутникових засобів радіозв'язку.	20
2	Основи побудови радіорелейних і тропосферних систем зв'язку.	20
3	Основи побудови супутникових систем зв'язку.	20
4	Виконання розрахункової роботи.	30
	Разом	90

9. Індивідуальні завдання

Виконання розрахункової роботи у формі двох (за вибором) контрольних робіт. Приклади контрольних робіт наведено нижче.

Контрольна робота 1

1. Визначити граничні частоти багатоканального сигналу для заданого N при ЧРК, намалювати лінійний спектр сигналу і розрахувати середню потужність багатоканального сигналу.
2. З таблиці параметрів аналогової радіорелейного апаратури вибрати апаратуру, відповідну

по числу переданих каналів.

3. Розрахувати смугу частот, займану частотномодульованим сигналом і ширину смуги частот ВЧ тракту.
4. За заданою протяжністю інтервалу і висот підвісу антен розрахувати рівень сигналу на вході приймача $R_{пр 0}$.
5. Розрахувати потужність теплових шумів на виході телефонного каналу.
6. Визначити мінімально допустимий множник ослаблення і відповідний йому рівень сигналу на вході приймача.

Контрольна робота 2

1. Вибрати діапазон робочих частот і тип обладнання цифрової РРЛ.
2. Вибрати діаметри антен і розрахувати їх коефіцієнти підсилення
3. Визначити ослаблення сигналу у вільному просторі.
4. Визначити втрати радіосигналу в газах атмосфери.
5. Розрахувати рівень сигналу на вході приймача без завмирань.
6. Визначити запас на завмирання.
7. Побудувати діаграму рівнів на інтервалі ЦРРЛ.

Контрольна робота 3

1. Визначити географічні координати точки, в якій буде прийматися сигнал з супутника.
2. Вибрати телекомунікаційний супутник, розташований на геостаціонарній орбіті.
3. Розрахувати азимут і кут місця для юстування наземної приймальної антени.

10. Методи навчання

Методи стимулювання і мотивації навчально-пізнавальної діяльності:

- 1) переконання у значущості навчання;
- 2) вимоги;
- 4) створення ситуації зацікавленості.

Методи організації та здійснення навчально-пізнавальної діяльності:

- 1) пояснювально-ілюстративний;
- 2) словесний (розповідь, лекція, бесіда, пояснення);
- 3) наочний (ілюстрація, демонстрація);
- 4) практичний (вправи).

11. Методи контролю

Оцінка якості освоєння програми дисципліни «Радіорелейні та супутникові системи зв'язку» включає поточний контроль успішності у вигляді післялекційного тестування, проміжну атестацію (колоквиуми), модульний контроль, іспит.

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Робота на лекціях	0...1	5,5	0...5,5
Модульний контроль	0...14	0,5	0...7
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0...1	5,5	0...5,5
Виконання і захист практичних робіт	0...4	8	0...32
Модульний контроль	0...14	0,5	0...7
Змістовний модуль 3			
Робота на лекціях	0...1	5	0...5
Виконання і захист	0...4	4	0...16

практичних робіт			
Модульний контроль	0...14	0,5	0...7
Виконання і захист РР	0...15	1	0...15
Усього за семестр			0...100

Іспит складається у вигляді комп'ютерного тесту, що містить 50 запитань з 2 – 5 варіантами відповідей, кількість балів за кожне запитання від 1 до 3 залежно від складності, загальна сума балів становить 100.

Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру

Задовільно (60-74). Показати мінімум знань та умінь. Захистити розрахункову роботу та здати модульні контрольні. Відпрацювати та захистити всі практичні роботи та домашні завдання. Знати мінімум інформації з призначення та області застосування наземних супутникових засобів радіозв'язку (ЗРЗ), архітектуру, принципи побудови і функціонування, структурні схеми та типові характеристики ЗРЗ, головні положення теорії зв'язку, методи розрахунку системних характеристик та структур наземних радіорелейних, тропосферних та супутникових засобів зв'язку радіо систем і мереж. На початковому рівні застосовувати отримані знання на практиці.

Добре (75-89). Твердо знати теоретичну частину, усвідомлювати основну інформацію з предмету, виконати усі завдання. Показати вміння виконувати та захищати всі практичні роботи в обумовлений викладачем строк з обґрунтуванням рішень та заходів, які запропоновано у роботах. Вміти самостійно вибирати оптимальну структуру ЗРЗ та її технічні показники, самостійно вивчати нові ЗРЗ, застосовувати отримані знання на практиці.

Відмінно (90-100). Здати всі контрольні точки з оцінкою «відмінно». Досконально знати всі теми та вміти застосовувати знання на практиці. Орієнтуватися у підручниках та посібниках.

Шкала оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит, диференційований залік	Залік
90 – 100	Відмінно	Зараховано
75 – 89	Добре	
60 – 74	Задовільно	
0 – 59	Незадовільно	Не зараховано

13. Методичне забезпечення

1. Радіорелейні та супутникові системи зв'язку: навч. посіб. / В. В. Абрамова, С. К. Абрамов, О. С. Рубель. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2018. –116 с.

Посилання на НМКД Система дистанційного навчання університету Mentor <https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=1664>

14. Рекомендована література

Базова

1. Ніколаєнко Б.А., Пелешок Є.В. Сучасні супутникові системи зв'язку/Навч. посіб. – К.: ІСЗІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 146 с.

2. Гурський Т.Г., Степаненко Е.А., Шишацький А.В. Оцінка граничної дальності зв'язку на сучасних радіо- та радіорелейних лініях // Збірник наукових праць ВІПІ. – 2019. - №1. – с. 6 – 17.

Допоміжна

- 1 Handbook. Digital Radio relay Systems. – Geneva: ITU, 1996. – 418 p.
2. Final draft EN 300 430 V. 1.1.2 (1998-11). – ETSI, 1998. – 20 p.
3. G. Maral, M. Bousquet. Satellite Communications Systems: Systems, Techniques and Technology 5th edition. – Wiley, 2010. – 742 p.
4. Dr. Giriraj Kumar Prajapati. Satellite Communication System and its applications. – LAP Lambert Academic Publishing, 2019. – 160 p.
5. Ka Band Satellite Communications – A Complete Guide. – The art of Service, 2020. – 321 p.
6. Зеленський О.О., Солодовник В.Ф., Карлов В.Д., Мількевич Є.О. Системи радіозв'язку/Навч. посіб.– Х.: ХУПС, 2007.–250 с
7. Бондаренко І. М. Системи радіозв'язку. Кн. 2. Ч. 1. Радіолінії зв'язку/Навч. посіб. – Х.: ХІ ВПС, 2003. – 162 с.

15. Інформаційні ресурси

Сайти кафедри: <http://k504.khai.edu>, <http://k504.xai.edu.ua>

Сайт бібліотеки ХАІ: library.khai.edu

Система дистанційного навчання університету Mentor
<https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=1664>