



Національний технічний університет України «КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

[RE-65] СУПУТНИКОВІ ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ



Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Другий (магістерський)
Галузь знань	17 - Електроніка та телекомунікації
Спеціальність	172 - Телекомунікації та радіотехніка
Освітня програма	172Мн PCI - Радіосистемна інженерія (ЄДЕБО id: 31174)172Мп PCI - Радіосистемна інженерія (ЄДЕБО id: 6236)172Мп ІКР - Інформаційна та комунікаційна радіоінженерія (ЄДЕБО id: 49260)172Мн ІКР - Інформаційна та комунікаційна радіоінженерія (ЄДЕБО id: 49261)172Мн РЕІ - Радіоелектронна інженерія (ЄДЕБО id: 53272)
Статус дисципліни	Нормативна
Форма здобуття вищої освіти	Очна (денна)
Рік підготовки, семестр	1 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	4 кред. ЄКТС/ 120 годин (Лекц. 18 год, Практик. 18 год, Лаб. 18 год, СРС. 66 год)

Семестровий контроль/контрольні заходи	Семестровий контроль: Екзамен Контрольні заходи: МКР, експрес-контроль на практичних, експрес-контроль на лабораторних заняттях
Розклад занять	https://rozklad.kpi.ua
Мова викладання	Українська / Англійська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лекц.: Дубровка Ф. Ф. (fedor.dubrovka@gmail.com) Практ.: Дубровка Ф. Ф. , Лаб.: Сушко О. Ю. , СРС.: Дубровка Ф. Ф.
Розміщення курсу	https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=7203

Програма навчальної дисципліни

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

Супутникові інформаційні системи (СІС) це інформаційні системи, в яких передача інформації здійснюється по радіоканалах з використанням штучних супутників Землі, як ретрансляторів (у випадку телекомунікаційних систем) або джерел інформації (у випадку навігаційних супутників або супутників дистанційного зондування Землі). Це повністю автономна система, здатна обробляти і/або передавати інформацію. СІС мають незаперечні переваги над наземними телекомунікаційними системами завдяки спроможності охоплювати великі території Землі незалежно від характеру ландшафту, забезпечувати мобільність і можливість швидкого розгортання у зонах стихійного лиха, гарячих точках тощо. Сучасні СІС спроможні забезпечувати інформаційну глобалізацію, лозунгом якої є « Communication with anybody, anywhere, at any time» (Зв'язок з будь-ким і будь-якому місці в будь-який час).

Серцевиною курсу є енергетика СІС, яка включає побудову передавальних земних станцій із використанням сучасних видів модуляції, кодування та поляризаційного ущільнення каналів, враховуючи фізичні процеси поширення радіохвиль на великі відстані у реальних умовах атмосфери та космосу, приймання, обробки та підсилення радіосигналів на борту супутника, побудову приймальних земних станцій. На практичних заняттях розробляється проєкт єдиної цифрової супутникової системи передачі інформації України. На лабораторних роботах досліджуються характеристики супутникових сигналів (BER, MER, C/N, які є достатніми для якісного прийому супутникових сигналів стандарту DVB- S та DVB- S2 при фазовій маніпуляції BPSK, QPSK, 8-PSK, 16-PSK) із використанням сучасного приладу для аналізу супутникових сигналів PROMAX TV Explorer і великих ТБ екранів та дистанційного керування налаштуванням антени на заданий супутник, азимут та кут місця якого розраховуються априорі. У курсовій роботі виконуються індивідуальні проєкти побудови передавальних-приймальних земельних станцій для різних міст України та з різними технічними завданнями.

Дисципліна СІС забезпечує наступні програмні результати навчання (ПРН):

ПРН 21 Дотримуватись принципів побудови та способів інженерної реалізації телекомунікаційних радіосистем. Уміти оцінювати та вимірювати характеристики, проєктувати надвисокочастотні складові частини наземних та бортових сегментів сучасних супутникових систем

ПРН 22 Дотримуватись принципів побудови та способів інженерної реалізації телекомунікаційних радіосистем. Уміти оцінювати та вимірювати характеристики, проектувати надвисокочастотні складові частини наземних та бортових сегментів сучасних інформаційно-комунікаційних систем

Дисципліна СІС забезпечує наступні фахові компетентності (ФК):

ФК 9 Здатність демонструвати і використовувати знання методів та технологій розробки, тестування та застосування інформаційно-вимірювальних, цифрових електронних систем.

ФК 27 Здатність проектувати та експлуатувати радіоелектронні НВЧ підсистеми наземних та бортових сегментів супутникових систем.

ФК 28 Здатність проектувати та оптимізувати характеристики сучасних та перспективних антенних систем

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

Для успішного проходження курсу студенти має пройти курси Електродинаміка та поширення радіохвиль, Антени та пристрої мікрохвильової техніки, Сигнали та процеси в радіотехніці.

Студенти отримують знання з:

- Фізичних процесів та їх математичного опису, що мають місце в радіопередавальній земній станції, радіолінії Земля-супутник, на борту супутника, радіолінії супутник-Земля, та радіоприймальній земній станції;
- Теоретичних основ побудови супутникових інформаційних систем, що використовують супутники на геостаціонарних та інших орбітах;
- Основ реального проектування супутникових інформаційних систем із використанням новітніх досягнень в області кодування, модуляції, багатостаціонарного доступу, підсилення і обробки цифрових сигналів, побудови опромінювально-перетворювальних модулів та антенних систем, що забезпечують поляризаційне ущільнення каналів;
- Теорії та практики наведення антени земної станції на заданий супутник;
- Теорії та практики аналізу бітових помилок, відношення сигналу/шуму, форм констеляційних діаграм, які є достатніми для якісного прийому супутникових сигналів стандартів DVB-S та DVB-S2;

Студенти зможуть:

- Вибирати оптимальні види кодування та модуляції для заданих каналів TV, Audio, Data і визначати необхідну смугу частот для їх передачі;
- Визначати азимут та кут місця антени Земної станції для її точного спрямування на заданий супутник;
- Спроекувати радіопередавальну земну станцію, яка забезпечить якісну передачу інформації (заданих TV каналів, Audio каналів, Data чи їх комбінації) на заданий супутник і максимізувати відношення якість/ціна;
- Спроекувати оптимальну радіоприймальну земну станцію для якісного прийому супутникових цифрових сигналів стандартів DVB-S та DVB-S2;

- Спроекувати конкурентоспроможну національну або корпоративну інформаційну систему із однією передавальною та багатьма радіоприймальними земними станціями для передачі заданої інформації (TV. Audio. Data)
- Спроекувати конкурентоспроможну наземну радіосистему (із ретранслятором або без нього) із оптимальним використанням частотного ресурсу та енергетики з врахуванням умов роботи системи та мінімізацією відношення ціна/якість.

3. Зміст навчальної дисципліни

1. Вступ до СІС: від Генріха Герца до Артура Кларка. Минуле, сучасне та майбутнє СІС. Переваги та недоліки СІС. (2 год.)
2. Принципи побудови та функції СІС. (2 год.)
3. Орбіти штучних супутників Землі. Закони Кеплера. Пояси Ван-Алена. Ефект Доплера. LEO, MEO, GEO - орбіти. Зони обслуговування – переваги та недоліки. (2 год.)
4. Методи багатостанційного доступу в СІС (FDMA, TDMA, CDMA). (2 год.)
5. Енергетика СІС (LINK BUDGET), UPLNK; SPASE SEGMENT; DOWN LINK. (4 год.)
6. Антени СІС (2 год.)
7. Апаратура земних станцій СІС (2 год.)
8. Бортова апаратура супутників (2 год.)

4. Навчальні матеріали та ресурси

1. Roddy Dennis. Satellite Communications / Dennis Roddy. – New York: McGraw-Hill, 4th Edition, 2006. – 636 p.
2. Gerard Maral, Michael Bousquet, Zhili Sun, "Satellite Communication Systems: Systems, Techniques and Technology", 6th Edition, Willey, April 2020, 792 p.
3. Ніколаєнко Б.А., Пелешок Є.В. Сучасні супутникові системи зв'язку: навч. посібник. К.: ІСЗІ КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 146 с.
4. Волощук Ю.І. Сигнали та процеси у радіотехніці: Підручник для студентів вищих навчальних закладів, том 1. - Харків: «Компанія СМІТ», 2003. - 580 с.
5. Волощук Ю.І. Сигнали та процеси у радіотехніці: Підручник для студентів вищих навчальних закладів, том 2. - Харків: «Компанія СМІТ», 2003. - 444 с.
6. Радіотехніка: Енциклопедичний навч. довідник: Навч. посібник. /За ред. Ю.Л. Мазора, Є.А. Мачуського, В.І. Правди. К.: Вища шк., 1999. 838с.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Для кожної теми курсу вказані відповідні літературні джерела. Студентам рекомендовано після лекції додатково пропрацювати самостійно відповідні матеріали. На практичних заняттях

проводиться детальне пояснення практичних аспектів курсу і студентам рекомендовано активно долучатись до обговорення і задавати уточнюючі запитання.

Додатково для кращого засвоєння матеріалу проводяться відповідні консультації протягом семестру, так і перед іспитом і лабораторними роботами.

Планується проведення лабораторних робіт з метою засвоєння лекційного матеріалу та набуття досвіду роботи з сучасною вимірювальною апаратурою. У курс СІС входить 4 лабораторні роботи:

ЛР1 - Вивчення можливостей наведення антени Земної станції із заданою геолокацією на заданий геостаціонарний супутник із використанням азимутально-кутомісної підвіски антени.

ЛР2. Дослідження енергетичних та інформаційних характеристик супутникових сигналів для GEO та LEO орбіт.

ЛР3. Вивчення багатопозиційних фазових маніпуляцій супутникових сигналів СІС.

ЛР4. Дослідження поляризаційних характеристик супутникових сигналів Ku-діапазону.

6. Самостійна робота студента

На самостійну роботу студентів відводиться 66 годин. Вона складається з:

- опрацювання матеріалу лекцій – 13 год.;
- підготовки до практичних занять – 13 год.;
- підготовки до лабораторних робіт, проведення необхідних розрахунків та оформлення протоколів лабораторних робіт, підготовка до захисту лабораторних робіт – 20 год.;
- підготовка до екзамену – 20 год.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Рекомендовані методи навчання:

- метод проблемного навчання: проблемний виклад на окремих лекціях, і дослідницький метод при виконанні лабораторних робіт;
- особистісно-орієнтований - у вигляді навчальних дебатів під час проведення практичних занять і виконанні лабораторних робіт;
- розробка і застосування комп'ютерних засобів при виконанні РГР.

Правила відвідування занять. Відвідування лекцій, практичних та лабораторних занять є обов'язковою, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для виконання семестрових контрольних заходів. Система оцінювання орієнтована на отримання балів за своєчасність і якість виконання лабораторних робіт, РГР та участь в практичних заняттях.

Призначення заохочувальних та штрафних балів. Заохочувальні бали виставляються за: активну участь на лекціях, лабораторних та практичних заняттях, Кількість заохочуваних балів не більше 10; Штрафні бали можуть виставлятися за: невиконання або невчасне виконання завдань. Кількість штрафних балів не більше 10.

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>.

Навчання іноземною мовою Навчальна дисципліна «Трансівери сучасних радіотехнічних систем» передбачає її вивчення українською мовою. У процесі викладання навчальної дисципліни використовуються матеріали та джерела українською та англійською мовою.

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

Відвідування занять є обов'язковим. Контролю підлягають виконання домашніх завдань, практичних і лабораторних робіт. Весь семестр ведеться поточна успішність. Допуск студента до екзамену можлива у випадку, коли його поточна успішність є не меншою за 60 балів.

Рейтингова оцінка з дисципліни RD (тобто екзаменаційна оцінка за семестр) формується як сума балів поточної успішності навчання та екзаменаційних балів. RD розраховується за 100-бальною шкалою. Рейтинг студента складається з балів, які він отримує за:

- експрес-контроль з лабораторних занять. Контроль проводиться у вигляді індивідуального опитування за темою лабораторного заняття;
- виконання та захист лабораторних робіт;
- експрес-контроль з практичних занять. Контроль проводиться у вигляді перевірки завдання по темі практичного заняття;
- модульну контрольну роботу;
- відповідь на екзамені;

Штрафні та заохочувальні бали:

- не допуск до лабораторної роботи у зв'язку з неправильною

відповіддю на експрес-контролі мінус 2 бали

- відсутність на лекції, лабораторному занятті без поважних причин мінус 2 бали
- активна участь у лабораторних заняттях плюс 2 бали

Система рейтингових балів та критерії оцінювання в семестрі

1. В семестрі виконується 4 ЛР. За кожну ЛР нараховуються бали:

1а. Експрес-контроль з лабораторних занять

- повна відповідь 2 бали
- повна відповідь з неістотними помилками 1 балів
- неправильна відповідь 0 балів

Максимальна сума балів за експрес-контроль **8 балів**

1б. Захист лабораторних робіт (ЛР)

- повна відповідь при захисті ЛР 8 бали
- неповна відповідь при захисті ЛР 4 бал
- незадовільна відповідь при захисті ЛР 0 балів

Максимальна сума балів за ЛР **8+32=40 бали**

1. Експрес-контроль з практичних занять

- повна відповідь 2 бали
- повна відповідь з неістотними помилками 1 бал
- неправильна відповідь 0 балів

Максимальна сума балів за експрес-контроль **10 балів**

1. Модульний контроль МКР :

- повна відповідь 10 балів
- відповідь має неістотні неточності 8 балів
- відповідь неповна, є істотні помилки 5 балів
- незадовільна відповідь, немає відповіді 0 балів

Максимальна сума балів за МКР **10 балів**

Розрахунок шкали рейтингу

Сума максимально можливих балів контрольних заходів (поз.1-4) протягом семестру складає:

$$R_{\text{сем}} = 40 + 10 + 10 = 60 \text{ балів}$$

Екзаменаційна оцінка шкали RD дорівнює 40% і становить 40 балів:

$$RD = R_{\text{сем}} + R_{\text{екз}} = 60 + 40 = 100 \text{ балів}$$

Умовою допуску до екзамену є сума балів не менше $0,5 \cdot R_{\text{сем}}$ тобто > 30 балів та відсутність заборгованостей з лабораторних робіт.

Студентам, які мають $R_{\text{сем}}$ менше 30 балів, протягом останнього тижня семестру надається можливість підвищити $R_{\text{сем}}$ та отримати допуск до семестрового екзамену.

Рейтингові оцінки з дисципліни для виставлення їх до екзаменаційної відомості та залікової книжки трансформуються до таблиці відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

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)

Перелік питань які виносяться на семестровий контроль.

- Робочі діапазони СІС
- Принципи побудови та структурні схеми, особливості та переваги СІС,
- Закони Кеплера та орбіти штучних супутників Землі,
- Зони обслуговування СІС,
- Енергетику (Link Budget) СІС,
- Методи багатостанційного доступу СІС,
- Особливості та характеристики антенних систем СІС,
- Методи модуляції в СІС,
- Наземна та бортова апаратура в СІС,
- Сучасні та перспективні низькоорбітальні, середньоорбітальні та геостаціонарні СІС.

Опис матеріально-технічного та інформаційного забезпечення дисципліни

Для проведення лабораторних робіт виділена окрема лабораторія, де встановлене відповідне обладнання, а саме: параболічна антена, опромінювач параболічної антени у вигляді гофрованої рупорної антени Ku-діапазону, поворотний механізм до антени та відповідний блок керування поворотним механізмом, приймачі-аналізатори цифрових сигналів Promax TV Explorer II, широкоформатні монітори для перегляду відео сигналу прийнятого каналу.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено [Дубровка Ф. Ф.](#); [Сушко О. Ю.](#);

Ухвалено кафедрою РІ (протокол № 06/2022 від 27.06.2022 р.)

Погоджено методичною комісією факультету електроніки (протокол № 6 від 30.06.2022 р.).

Погоджено методичною комісією радіотехнічного факультету (протокол №06-2022 від 29.06.2022)