



[RE-223] РАДІОЛОКАЦІЙНІ СИСТЕМИ З ЦИФРОВИМ ОБРОБЛЕННЯМ СИГНАЛІВ



Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Другий (магістерський)
Галузь знань	-
Спеціальність	
Освітня програма	172Мп РКС - Радіотехнічні комп'ютеризовані системи (ЄДЕБО id: 49258)172Мп РКС+ - Радіотехнічні комп'ютеризовані системи (ЄДЕБО id: 57922)
Статус дисципліни	Нормативна
Форма здобуття вищої освіти	Заоч.
Рік підготовки, семестр	1 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	4 кред. (Лекц. 2 год, Практик. год, Лаб. 3 год, СРС. 84 год)
Семестровий контроль/контрольні заходи	Залік
Розклад занять	https://rozklad.kpi.ua
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лекц.: Чмельов В. О. , Лаб.: Чмельов В. О. , СРС.: Чмельов В. О.
Розміщення курсу	https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=6541

Програма навчальної дисципліни

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

Опанування навчального матеріалу дисципліни дає студенту можливість вивчити теоретичні основи та особливості цифрової обробки сигналів (ЦОС) в сучасних радіолокаційних системах (РЛС), принципи побудови підсистем ЦОС, у відповідності до задач моніторингу контрольного простору. Досліджуються підходи до підвищення ефективності роботи РЛС за рахунок застосування ЦОС в умовах, коли діють пасивні та активні завади для роботи РЛС.

Вивчаються різні науково-технічні рішення щодо підвищення імовірності виявлення цілей РЛС, проводиться ї порівняльний аналіз, та визначається їх переваги і недоліки.

Мета навчальної дисципліни. Навчити студентів, у відповідності до поставленого тактико-технічного завдання, розробляти підсистеми та алгоритми ЦОС для забезпечення заданої ефективності РЛС.

Предмет вивчання: сучасні РЛС, принципи побудови алгоритмів ЦОС в РЛС, методи боротьби з активними та пасивними завадами за рахунок застосування ЦОС, оцінка ефективності прийнятих технічних рішень.

Компетентності, які будуть набуті:

ФК12. Здатність до аналізу, розробки та удосконалення наукової, проектно-конструкторської, технологічної, метрологічної та організаційно-управлінської документації.

ФК13. Здатність оцінювати проблемні ситуації та недоліки в сфері розробки, конструювання, налагодження, функціонування та експлуатації телекомунікаційних та радіотехнічних систем, формулювати пропозиції щодо вирішення проблем та усунення недоліків.

Програмні результати навчання, що будуть отримані:

ПРН 14. Впроваджувати проектні рішення у виробництво, корегувати, диспетчеризувати та модернізувати розробки.

ПРН 15. Вирішувати та координувати розробку, підбір і використання необхідного обладнання, інструментів і методів при організації виробничого процесу з урахуванням технічних та технологічних можливостей.

ПРН 17. Виконувати обрахунки параметрів сигналів та процесів радіотехнічних комп'ютеризованих систем, аналізувати втрати при поширенні сигналу у навколишньому просторі.

Проводити обробку експериментальних даних, отриманих шляхом статистичного моделювання на ЕОМ, для оцінки ефективності функціонування радіотехнічних комп'ютеризованих систем.

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

Пререквізити: навчальна дисципліна базується на знаннях з таких дисциплін: «Вища математика», «Сигнали та процеси в радіотехніці», «Цифрове оброблення сигналів», «Технології оптимального оброблення сигналів», «Конструкції антен радіолокаційних і радіонавігаційних систем», «Гібридні та монолітні інтегральні пристрої мікрохвильового діапазону».

Постреквізити: Дисципліна є основою для виконання магістерської дисертації, та атестації здобувача вищої освіти.

3. Зміст навчальної дисципліни

Навчальний модуль № 1. Сучасні радіолокаційних систем з цифровою обробкою сигналів.

Тема 1. . Загальна засади теорії побудови РЛС з ЦОС.

Тема 2. Підходи до підвищення ефективності роботи цифрових РЛС

Тема 3. Складні радіолокаційні сигнали РЛС з ЦОС.

Тема 4. Оптимальна фільтрація. Кореляційний прийом.

Тема 5. Методи огляду простору цифровими антенними решітками. Методи вимірювання кутових координат.

Тема 6. Цифрові системи боротьби з активними завадами роботі РЛС.

Тема 7. Цифрові системи боротьби з пасивними перешкодами.

Тема 8. Підвищення імовірності виявлення цілей. Цифровий накопичувач відбитих від цілі сигналів

Тема 9. Підходи та шляхи розвитку радіолокаційних систем.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Література базова:

1. Теорія радіолокаційних систем (видання друге): підручник/ Б.Ф. Бондаренко, В.В. Вишнівський, В.П. Долгушин та іню; за заг.ред. С.В. Ленкова. – К. Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2011.- 383с.
2. Методи безпечної обробки інформації у багатопозиційних системах радіолокації монографія / Ігор Пархомей, Валерій Козловський, Сергій Гнатюк, Мирослав Рябий ; Національний авіаційний університет., Київ : Центр учбової літератури, 2018. - 230 с.
3. Теорія радіолокаційних та радіонавігаційних систем : навч. посіб. для студ. внз за напрямком "Радіотехніка" / Я. І. Лепіх ; Одеська нац. морська акад. Одеса : Екологія, 2008. -224 с.
4. Оптимізація проектування радіотехнічних систем [Текст]: метод. вказівки до лаборатор. робіт з дисципліни «Оптимізація проектування радіотехнічних систем» для студ. радіотехнічного ф-ту / Уклад.: С.Я. Жук, С.В. Вишневий - К.: НТУУ "КПІ", 2012. – 62с.
5. Чмельов, В. О. Радіолокаційні системи з цифровим обробленням сигналів. Лабораторний практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня магістр за освітньою програмою «Радіотехнічні комп'ютеризовані системи» спеціальності 172 «Електронні комунікації та радіотехніка» / В. О. Чмельов ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,7 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 74 с. – Назва з екрану. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/57321>

Література додаткова:

1. Bassem R. Mahafza Radar systems analysis and design using matlab, / International Standard Book Number-13: 978-1-4398-8496-6 (eBook - PDF) 2013 by Taylor & Francis Group, LLC CRC Press is an imprint of Taylor & Francis Group, an Informa business. Режим доступу: <https://ru.ua1lib.org/book/463133/1eba6c?dsource=recommend>.
2. Реутська, Ю. Ю. Моделювання радіолокаційного сигналу на основі аналізу роботи імпульсно-доплерівського радару в завадовій обстановці / Реутська Ю. Ю. // Міжнародна науково-технічна конференція «Радіотехнічні поля, сигнали, апарати та системи» : матеріали конференції, 10-16 березня 2014 р., м. Київ / НТУУ «КПІ», РТФ. – Київ : НТУУ «КПІ», 2014. – С. 177-179.
3. Чесановський І. І. Підвищення завадостійкості обробки сигналів в некогерентних радіолокаційних системах / Чесановський І. І., Іванов А. В., Гурман І. В. // Вісник НТУУ «КПІ». Радіотехніка, радіоапаратобудування : збірник наукових праць. – 2013. – № 54. – С. 68–74. Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/7174>

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

Навчальний модуль № 1. Сучасні радіолокаційних систем з цифровою обробкою сигналів.

Тема 1. .

Загальна засади теорії побудови РЛС з ЦОС.

Лекція 1 . Предмет і зміст дисципліни..Класифікація РЛС з ЦОС.

Лекція 2.Особливості РЛС з ЦОС. Інструменти розробки параметрів РЛС, моделювання роботи РЛС з ЦОС, та програмування цифрових пристроїв обробки сигналів РЛС.

Література: [1,2,]

Завдання для СРС. Загальна характеристика цифрових РЛС.

Тема 2. . Підходи до підвищення ефективності роботи цифрових РЛС Лекція 3. Аналіз роботи цифрової антенної решітки РЛС.Методи адаптації ЦАР до роботи в умовах дії завад.
Лекція 4 Складні радіолокаційні сигнали. Функція невизначеності. Перетин функції невизначеності.

Література:

Література: [1,2,3]

Завдання для СРС. Основні показники роботи цифрових пристроїв. Швидкодія, рівні квантування, як системні втрати в обробці сигналів .

Лабораторні заняття

Лабораторна робота 1. «Адаптація цифрової фазованої антенної решітки РЛС до роботи в складних умовах»

Лабораторна робота 2. «Цифровий оптимальний фільтр для оброблення радіолокаційного сигналу»

6. Самостійна робота студента

№	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1	Загальна характеристика цифрових РЛС. Класифікація.	2
2	Основні показники роботи цифрових пристроїв. Швидкодія, рівні квантування, як системні втрати в обробці сигналів .	2
3	Характеристики складних сигналів. Підходи до побудови кореляційної функції складних сигналів РЛС.	4
4	Цифрові оптимальні фільтри (АЧХ, ФЧХ), Розділення складних сигналів.	4
5	Алгоритм роботи ФАР та ЦАР. Відмінності та переваги.	2
6	Боротьба з активними завадами роботі РЛС. Види завад. Методи боротьби. Принципи побудови систем боротьби с завадами. Цифрові системи боротьби з активними завадами роботі РЛС. Цифровий автокомпенсатор активних завад.	4
7	Розділення сигналів за частотою. Методи спектрального аналізу.	4

8	Різновиди систем виявлення корисного сигналу серед шумів.	2		
9	Новітні технології і підходи у побудові РЛС.	2		
10	Підготовка звіту з лабораторної роботи	4		
11	Оптимальна фільтрація. Кореляційний прийом. Виявлення радіолокаційних сигналів. Побудова кореляційного приймача. Цифрові оптимальні фільтри сигналів РЛС.	2		
12	Методи огляду простору цифровими антенними решітками (ЦАР). Керування променем ЦАР. Методи вимірювання кутових координат. Просторова обробка сигналів.	4		
13	Цифрові системи боротьби з пасивними перешкодами. Види пасивних завад. Фільтр відбілювання. Різновиди системи СРЦ. Цифрові системи селекції рухомих цілей та боротьби з пасивними перешкодами. «Вибілення» сигналу, АЧХ вибілюючого фільтру.	4		
14	Підвищення імовірності виявлення цілей. Цифровий накопичувач відбитих від цілі сигналів. Цифрові системи виявлення сигналів на фоні білого шуму.	4		
15	Підходи та шляхи розвитку радіолокаційних систем. РЛС виявлення БПЛА. Підходи до побудови РЛС надвисоких частот. РЛС на основі технології МІМО.	4		
16	«Дослідження роздільної здатності по дальності імпульсного ЛЧМ радіолокаційного сигналу»	4		
17	Застосування віконних функцій для підвищення роздільної здатності по дальності складних радіолокаційних сигналів	4		
18	Дослідження впливу цифрового накопичувача радіолокаційних сигналів на характеристики роботи РЛС	4	19	Автоматичне регулювання підсилення у приймальному пристрої РЛС» 4
20	Визначення швидкостей руху радіолокаційних цілей в РЛС з цифровим обробленням сигналів»	4		
21	Формування матриці «відстань-швидкість» для інтеграції радіолокаційної інформації»	4		
22	Система цифрового оброблення сигналів в автомобільному радарі з частотно-модульованим сигналом неперервного випромінювання»	4		
23	Підготовка до модульної контрольної роботи	4		
24	Підготовка до заліку ВСЬОГО	4 84		

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Рекомендовані методи навчання: вивчення основної та допоміжної літератури за тематикою лекцій, виконання лабораторних робіт. Студенту рекомендується вести докладний конспект лекцій. Важливим аспектом якісного засвоєння матеріалу, відпрацювання методів та алгоритмів вирішення основних завдань дисципліни є самостійна робота. Вона містить читання літератури, огляд літератури за темою, підготовку до занять, контрольних заходів, заліку та іспиту. Метою лабораторних робіт є: поглиблення і закріплення теоретичних знань, набуття навиків моделювання з використанням обчислювальної техніки, набуття навиків оцінки достовірності отриманих результатів та оформлення документів. Програмне забезпечення реалізоване в обчислювальному середовищі для наукових і інженерних розрахунків Matlab, Mathcad.

Правила відвідування занять. Відвідування лекцій, лабораторних занять оцінюється. Студентам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для виконання семестрових контрольних заходів. Система оцінювання орієнтована на отримання балів за своєчасність виконання студентами лабораторних робіт, а також виконання завдань, які здатні розвинути практичні уміння та навички.

На лекції заборонено відволікати викладача від викладання матеріалу, усі питання, уточнення та ін. задають в кінці лекції у відведений для цього час.

Призначення заохочувальних та штрафних балів. Заохочувальні бали виставляються за: активну участь на лекціях та лабораторних заняттях, участь у конкурсах робіт, підготовку та публікацію наукових статей і тезисів доповідей на наукових конференціях, участь в науково-дослідній роботі на тему, що відповідає темам дисципліни. 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 передбачає її вивчення на українській мові. У процесі викладання навчальної дисципліни використовуються матеріали та джерела англійською мовою.

Студенти мають можливість отримати знання з окремих тем та розділів навчальної дисципліни на навчальних курсах платформи Coursera (<https://www.coursera.org>), Prometheus (<https://prometheus.org.ua>) та ін., у якості змішаного чи додаткового навчання згідно Положення про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті (<https://osvita.kpi.ua/node/179>).

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

Види контролю

Поточний контроль: здійснюється шляхом опитування на лабораторних заняттях та при виконанні МКР.

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: залік.

8.1. Календарна проміжна атестація студентів проводиться за значенням поточного рейтингу студента на час атестації. Якщо значення цього рейтингу не менше 50 % від максимально можливого на час атестації, студент вважається атестованим. Умовою позитивної першої атестації є отримання не менше 8 балів. Умовою позитивної другої атестації – отримання не менше 22 балів.

8.2 Рейтингова система оцінювання результатів навчання.

Система рейтингових балів та критерії оцінювання

1. Стовідсоткове відвідування 18 лекцій – $18 \times 1 = 18$ балів

2. В семестрі виконуються 9 лабораторних робіт. Сума балів за виконання та захист звіту з лабораторної роботи – 5 балів.

Виконання та захист лабораторних робіт – $9 \times 5 = 45$ балів.

У разі змішаної системи навчання відвідування лекцій не буде оцінюватися. В такому разі оцінка за виконання лабораторної роботи складатиме 6 балів, відповідно $9 \times 7 = 63$

3. Модульний контроль МКР – 7 бали.

4. ДКР - 10 балів

5.Складання заліку -20 балів.

Модульний контроль (МКР)

В результаті оцінка за МКР:

- повна відповідь - 7 бали
- повна відповідь з неістотними помилками - 5 бала
- повна відповідь з істотними помилками - 3 бали
- неповна відповідь - 2 бал,
- зміст відповідь не відноситься до суті питання, або відсутня відповідь на питання МКР - 0 балів,

Звіт з виконання лабораторної роботи.

Студент не допускається до захисту, якщо звіт не оформлений відповідно до вимог.

В результаті захисту звіту:

- повна відповідь - 5 балів
- повна відповідь з неістотними помилками - 4 бала
- повна відповідь з істотними помилками - 3,0 бали
- неповна відповідь - 2 бал,
- зміст відповідь не відноситься до суті лабораторної роботи, або результати дослідження, під час виконання лабораторної роботи, не отримані - 0 балів.

Відповідь на заліку (RE).

На заліку студенти дають відповіді запитання білета.

Система оцінювання відповіді на питання:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 20 балів;
- «дуже добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності) – 15 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 70% потрібної інформації, або незначні неточності) – 10 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) –

5 балів;

- «незадовільно», незадовільна відповідь – 0-4 бали, залік вважається не зданий.

Сума максимально можливих балів контрольних заходів (позиції 1-3) протягом семестру (RC) складає:

$$RC = 9 + 45 + 16 = 70 \text{ балів}$$

Умовою допуску до екзамену є сума не менша 50 балів.

1. Студентам, які мають RC менше 50 балів, до складання іспиту не допускаються.
2. В період після сесії в терміни, які визначені деканатом, студентам надається можливість підвищити рейтинг та скласти екзамен.
3. Студенти, які набрали 65-70 балів, за згодою студента, не складають екзамен і можуть отримати оцінки «Дуже добре» і «Добре».
4. Студенти, які за рейтинговим оцінюванням набрали менше 65 балів (та студенти, які мають 65-70 балів, і за власним бажанням) складають екзамен, і можуть отримати на екзамені від 0 до 30 балів, та відповідні оцінки.

Рейтингова оцінка з дисципліни RD формується як сума балів поточної успішності навчання (тобто оцінка за семестр) та залікових балів. RD розраховується за 100 бальною шкалою, як $RD = RC + RE$.

Сума балів (RD) переводиться до оцінки згідно з таблицею:

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)

- положення про рейтингову систему оцінки успішності доводиться на першому занятті з дисципліни;
- попередня рейтингова оцінка $RD = RC$ з дисципліни доводиться до студентів на останньому занятті;
- календарна атестація студентів з дисципліни проводиться викладачами за значенням поточного рейтингу студента на час атестації t . Якщо значення цього рейтингу не менше 50% від максимально можливого (Rt) на час атестації $RDt \geq 0,5R$, студент вважається задовільно атестованим. В іншому випадку - в атестаційній відомості виставляється «не зараховано».

Дистанційний курс навчальної дисципліни - [Курс: РАДІОЛОКАЦІЙНІ СИСТЕМИ З ЦИФРОВИМ](#)

Опис матеріально-технічного та інформаційного забезпечення дисципліни

Лабораторія радіолокаційних систем кафедри Радіотехнічних комп'юеризованих систем, ауд 204, навчальний корпус №17

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено [Чмельов В. О.](#);

Ухвалено кафедрою РТС (протокол № 06/22 від 14.06.2022)

Погоджено методичною комісією факультету/ННІ (протокол № 06-2022 від 21.06.2022)