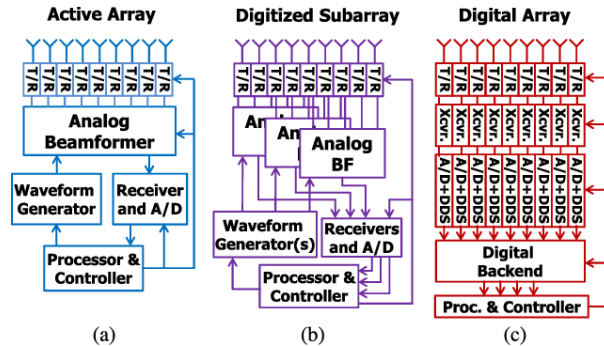




[RE-184] SMART-СИСТЕМИ



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 2-го курсу, осінній семестр
Обсяг дисципліни	5 кред. (Лекц. 18 год, Практ. год, Лаб. 36 год, СРС. 96 год)
Семестровий контроль/контрольні заходи	Екзамен
Розклад занять	https://rozklad.kpi.ua
Мова викладання	Українська / Англійська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лекц.: Василенко Д. О. , Лаб.: Василенко Д. О. , СРС.: Василенко Д. О.
Розміщення курсу	

Програма навчальної дисципліни

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

Основою SMART-системи є технологія цифрового діаграмоутворення, яка широко впроваджується в системах зв'язку як загального, так і спеціального призначення. В цілому застосування цифрового діаграмоутворення дозволяє підвищити пропускну спроможність, суттєво зменшити вплив промислових радіоелектронних завад, а також засобів радіоелектронної боротьби і електромагнітного імпульсу. Технічною основою реалізації технології ЦДУ є використання багатоантенних цифрових антенних решіток (ЦАР) у сукупності з модулями цифрової обробки сигналів. Кожен антенний елемент містить у собі системи підсилювачів, змішувачів, аналого-цифрових (АЦП) і цифро-аналогових (ЦАП) перетворювачів,

за допомогою яких здійснюється цифрове формування діаграми спрямованості (ДС). Загальне керування ЦААС здійснюється за допомогою високопродуктивної обчислювальної системи.

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів компетентностей.

ЗДАТНІСТЬ:

- здатність обирати найбільш ефективні елементи для приймально-передавальних пристроїв цифрових антенних решіток, які працюють в різних частотних діапазонах;
- здатність проводити інженерні розрахунки основних характеристик елементів приймально-передавальних пристроїв цифрових антенних решіток;

Після засвоєння навчальної дисципліни студенти мають продемонструвати такі результати навчання:

ЗНАННЯ:

- архітектури цифрових антенних решіток;
- системних характеристик складових компонентів цифрових антенних решіток: ЦАП, АЦП, підсилювачів потужності, комутуючих пристроїв, малошумлячих підсилювачів, антенних решіток;
- принципів побудови антенних решіток МІМО-систем.
- методів визначення напрямку приходу сигналу;
- методів цифрового формування діаграми спрямованості;

УМІННЯ:

- виконувати розрахунок системних характеристик приймально-передавальних пристроїв цифрових антенних решіток;
- моделювати роботу методів визначення напрямку приходу сигналу у програмі MATLAB;

Після засвоєння навчальної дисципліни студенти мають продемонструвати такі програмні компетентності та результати навчання за освітньою програмою (див. на сайті <https://osvita.kpi.ua/op>):

Загальні компетентності

Здатність аналізувати, верифікувати, оцінювати повноту інформації в ході професійної діяльності, при необхідності доповнювати й синтезувати відсутню інформацію й працювати в умовах невизначеності.

Фахові компетентності

Здатність моделювати, проектувати та застосовувати на практиці переваги адаптивних цифрових систем обробки радіосигналів

Програмні результати навчання

Принципів реалізації адаптації в радіосистемах

Аналізувати, оптимізувати блок-схеми та реалізовувати на практиці адаптивні цифрові схеми просторової фільтрації радіосигналів з метою підвищення співвідношення сигнал/шум телекомунікаційних радіосистем.

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

Міждисциплінарні зв'язки: Пристрої НВЧ та антени, Антенні системи, Методи теорії ймовірностей в радіотехніці, Радіопередавальні пристрої, Радіоприймальні пристрої, Н/Д з основ радіосистемної інженерії.

Таким чином, кредитний модуль узагальнює знання по окремим елементам радіотехнічного пристрою і формує здатність обирати найбільш ефективні елементи для приймально-передавальних пристроїв цифрових антенних решіток, які працюють в різних частотних діапазонах, та здатність проводити інженерні розрахунки основних характеристик елементів приймально-передавальних пристроїв цифрових антенних решіток

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Загальна характеристика SMART-систем

Тема 1. Вступна лекція. Области застосування smart-систем. Системи багато станційного доступу. Перехід до багато станційного доступу з просторовим розділенням сигналів у системах 5G.

Тема 2. Структурна схема цифрової антенної решітки і її відмінність від фазованої антенної решітки. Основні принципи роботи SMART-систем.

Розділ 2. Приймально-передавальні модулі SMART-систем

Тема 3. Підсилювачі потужності ЦАП.

Тема 3.1. Основні параметри і характеристики підсилювачів потужності цифрових антенних решіток (ЦАР): смуга частот, коефіцієнт підсилення, КСВН по входу і виходу, P1db, P3db, PAE, IP3, ACPR, EVM, ...

Тема 3.2. Класи підсилювачів, що використовуються в ЦАР. Основні технології (GaAs, GaN, LDMOS, ...) виконання підсилювальних модулів, області застосування кожної технології. Приклади сучасних транзисторів для підсилювачів потужності, аналіз їх параметрів і характеристик.

Тема 4. Основні схеми підсумовування потужності, їх ефективність і стійкість до виходу з ладу окремих підсилювальних модулів.

Тема 5. Пристрої роботи передавача і приймача на одну антену. Параметри і характеристики МШУ в їх вплив на коефіцієнти шуму приймача ППМ.

Тема 6. Параметри і характеристики, типи змішувачів. Схеми побудови приймача. Вибір проміжних частот.

Тема 7. IQ-модулятор. Неоднорідності IQ-модулятора. Калібровка ППМ ЦАР.

Тема 8. Параметри і характеристики ЦАП. Архітектури ЦАП. Аналіз сучасних ЦАП різних виробників. Вибір частоти дискретизації в SMART-системах. Поняття oversampling/undersampling

Тема 9. Параметри і характеристики АЦП. Архітектури АЦП. Аналіз сучасних АЦП різних виробників.

Тема 10. Побудова загального Link budget приймально-передавального модулю SMART-системи.

Розділ 3. Цифрове формування діаграми спрямованості в СМАРТ-системах

Тема 11. Формування цифрової діаграми спрямованості для 2-елементної антенної решітки із 1 заданим напрямком приходу корисного сигналу і одним заданим напрямком приходу шумового сигналу. Поняття керуючого вектору антенної решітки.

Тема 12. Формування цифрової діаграми спрямованості для N-елементної антенної решітки із (N-1) заданими шумовими сигналами.

Тема 13. Вплив взаємного зв'язку між антенами на точність формування цифрової діаграми спрямованості. Параметри, які характеризують взаємний зв'язок між антенами. Способи зменшення взаємного зв'язку між антенами.

Тема 14. Визначення напрямку приходу сигналу. Класичні методи.

Тема 15. Визначення напрямку приходу сигналу. Метод Кейпона. Алгоритми MUSIC, ESPRIT.

Тема 16. Статистично оптимальні методи формування цифрової діаграми спрямованості. Формування ДС з максимальним відношенням С/Ш. Формування ДС з мінімальною середньоквадратичною похибкою. Формування ДС з мінімальною варіацією з лінійними обмеженнями.

Тема 17. Адаптивні алгоритми формування цифрової діаграми спрямованості. Алгоритм найменшого середньоквадратичного відхилення. Рекурсивний алгоритм найменших квадратів. Алгоритм для сигналів з постійною амплітудою. Квазі-ньютонівський алгоритм.

5. Рекомендований перелік лабораторних робіт

Основні теми лабораторних робіт у вигляді комп'ютерного практикуму:

- Інтерфейс програми AWR DESIGN ENVIRONMENT. Побудова НВЧ схем у програмі. Проведення узгодження. Оптимізація
- Моделювання системи підсумовування потужності. Оцінка втрат при відмові окремих підсилювачів.
- Моделювання антен і антенних решіток в AWR DESIGN ENVIRONMENT.
- Моделювання змішувачів в AWR DESIGN ENVIRONMENT.
- Проектування підсилювачів в AWR DESIGN ENVIRONMENT. X-параметри. Load-pull. Моделювання характеристик підсилювача
- Розрахунок link budget всієї системи в AWR DESIGN ENVIRONMENT.
- Реалізація алгоритмів цифрового формування діаграми спрямованості в Matlab.
- Реалізація алгоритмів визначення напрямку приходу сигналів в Matlab.

4. Навчальні матеріали та ресурси

1. Базова література

1.1 Balanis, C. and P. Ioannides. "Introduction to Smart Antennas." *Introduction to Smart Antennas* (2007).

1.2 Egan, William F. Practical RF system design. John Wiley & Sons, 2004.

1.3 Mohammadi, A. and Ghannouchi, F.M., 2012. RF transceiver design for MIMO wireless communications (Vol. 145). Springer Science & Business Media.

1.4 Kester WA, Engineeri AD. Data conversion handbook. Newnes; 2005.

2. Допоміжна література

2.1 Gilmore, R. and Besser, L., 2003. Practical RF Circuit Design for Modern Wireless Systems: Active Circuits and Systems, Volume 2 (Vol. 1). Artech House.

2.2 Gross, F.B., 2015. Smart antennas with MATLAB. McGraw-Hill Education.

2.3 McClaning, Kevin, and Tom Vito. Radio receiver design. Noble Publishing Corporation, 2000.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, завдання на СРС з посиланням на літературу)
1	Тема 1. Вступна лекція. Области застосування старт-систем. Системи багато станційного доступу. Перехід до багато станційного доступу з просторовим розділенням сигналів у системах 5G. Література: [1.1], с.46-63. Завдання на СРС: Повторити матеріал лекції, скориставшись [1.1]
2	Тема 2. Структурна схема цифрової антенної решітки і її відмінність від фазованої антенної решітки. Основні принципи роботи SMART-систем. Література: [1.1], с. 63-76 Завдання на СРС: Повторити матеріал лекції, скориставшись [1.1]
3	Тема 3.1. Основні параметри і характеристики підсилювачів потужності цифрових антенних решіток (ЦАР): смуга частот, коефіцієнт підсилення, КСВН по входу і виходу, P1db, P3db, PAE, IP3, ACPR, EVM, ... Література: [1.3], с.55-86; [1.6], с.33-61 Завдання на СРС: Повторити матеріал лекції, скориставшись [1.3]
4	Тема 3.2. Класи підсилювачів, що використовуються в ЦАР. Основні технології (GaAs, GaN, LDMOS, ...) виконання підсилювальних модулів, області застосування кожної технології. Приклади сучасних транзисторів для підсилювачів потужності, аналіз їх параметрів і характеристик. Література: [1.3], с.86-108; [1.6], с.185-211 Завдання на СРС: Повторити матеріал лекції, скориставшись [1.3]
5	Тема 4. Основні схеми підсумовування потужності, їх ефективність і стійкість до виходу з ладу окремих підсилювальних модулів. Література: [1.6], с.527-557 Завдання на СРС: Повторити матеріал лекції, скориставшись [1.3]
6	Тема 5. Пристрої роботи передавача і приймача на одну антену. Параметри і характеристики МШУ в їх вплив на коефіцієнти шуму приймача ППМ. Література: [1.2], с.47-59 Завдання на СРС: Повторити матеріал лекції, скориставшись [1.2]
7	Тема 6. Параметри і характеристики, типи змішувачів. Схеми побудови приймача. Вибір проміжних частот. Література: [1.2], с.165-211, [1.3], с.151-164 Завдання на СРС: Повторити матеріал лекції, скориставшись [1.2], [1.3]
8	Тема 7. IQ-модулятор. Неоднорідності IQ-модулятора. Калібровка ППМ ЦАР. Література: [1.3], с.254-262 Завдання на СРС: Повторити матеріал лекції, скориставшись [1.3]

9	Тема 8. Параметри і характеристики ЦАП. Архітектури ЦАП. Аналіз сучасних ЦАП різних виробників. Вибір частоти дискретизації в SMART-системах. Поняття oversampling/undersampling Література: [1.4] , глава 3.3 Завдання на СРС: Повторити матеріал лекції, скориставшись [1.4]
10	Тема 9. Параметри і характеристики АЦП. Архітектури АЦП. Аналіз сучасних АЦП різних виробників. Література: [1.4] , глава 3.3 Завдання на СРС: Повторити матеріал лекції, скориставшись [1.4]
11	Тема 10. Побудова загального Link budget приймально-передавального модулю SMART-системи. Література: [1.2] , с.91-115 Завдання на СРС: Повторити матеріал лекції, скориставшись [1.2]
12	Тема 11. Формування цифрової діаграми спрямованості для 2-елементної антенної решітки із 1 заданим напрямком приходу корисного сигналу і одним заданим напрямком приходу шумового сигналу. Поняття керуючого вектору антенної решітки. Література: [1.1] , с.71-76 Завдання на СРС: Повторити матеріал лекції, скориставшись [1.1]
13	Тема 12. Формування цифрової діаграми спрямованості для N-елементної антенної решітки із (N-1) заданими шумовими сигналами. Література: [1.1] , с.76-80 Завдання на СРС: Повторити матеріал лекції, скориставшись [1.1]
14	Тема 13. Вплив взаємного зв'язку між антенами на точність формування цифрової діаграми спрямованості. Параметри, які характеризують взаємний зв'язок між антенами. Способи зменшення взаємного зв'язку між антенами. Література: [1.1] , с.80-83 Завдання на СРС: Повторити матеріал лекції, скориставшись [1.1]
15	Тема 14. Визначення напрямку приходу сигналу. Класичні методи. Тема 15. Визначення напрямку приходу сигналу. Метод Кейпона. Алгоритми MUSIC, ESPRIT. Література: [1.1] , с.84-104 Завдання на СРС: Повторити матеріал лекції, скориставшись [1.1]
16	Тема 16. Статистично оптимальні методи формування цифрової діаграми спрямованості. Формування ДС з максимальним відношенням С/Ш. Формування ДС з мінімальною середньоквадратичною похибкою. Формування ДС з мінімальною варіацією з лінійними обмеженнями Література: [1.1] , с.105-116 Завдання на СРС: Повторити матеріал лекції, скориставшись [1.1]
17	Тема 17. Адаптивні алгоритми формування цифрової діаграми спрямованості. Алгоритм найменшого середньоквадратичного відхилення. Рекурсивний алгоритм найменших квадратів. Алгоритм для сигналів з постійною амплітудою. Квазі-ньютонівський алгоритм. Література: [1.1] , с.116-125 Завдання на СРС: Повторити матеріал лекції, скориставшись [1.1]
18	Залік

Комп'ютерний практикум

Основні завдання циклу комп'ютерних практикумів полягає у отриманні досвіду практичного використання програми AWR DESIGN ENVIRONMENT та Matlab, формуванні умінь виконувати розрахунок системних характеристик приймально-передавальних пристроїв цифрових антенних решіток у AWR DESIGN ENVIRONMENT та моделювати роботу методів визначення напрямку приходу сигналу у програмі MATLAB.

№ з/п	Назва лабораторної роботи	Кількість ауд. годин
1	Інтерфейс програми AWR DESIGN ENVIRONMENT. Побудова НВЧ схем у програмі. Проведення узгодження. Оптимізація	4
2	Моделювання системи підсумовування потужності. Оцінка втрат при відмові окремих підсилювачів.	4

3	Моделювання антен і антенних решіток в AWR DESIGN ENVIRONMENT.	4
4.	Моделювання змішувачів в AWR DESIGN ENVIRONMENT.	4
5	Проектування підсилювачів AWR DESIGN ENVIRONMENT. X-параметри. Load-pull. Моделювання характеристик підсилювача	8
6	Розрахунок link budget всієї системи в AWR DESIGN ENVIRONMENT.	4
7	Реалізація алгоритмів цифрового формування діаграми спрямованості в Matlab.	4
8	Реалізація алгоритмів визначення напрямку приходу сигналів в Matlab.	4

6. Самостійна робота студента

В кредитному модулі передбачено виконання ДКР. Основна ціль ДКР навчити студента обирати найбільш ефективні елементи для приймально-передавальних пристроїв цифрових антенних решіток і виконувати розрахунок системних характеристик приймально-передавальних пристроїв цифрових антенних решіток. За заданими загальними характеристиками СМАРТ-системи студент має підібрати основні елементи приймально-передавального тракту, які при роботі в системі забезпечать задані характеристики. Підтвердженням правильності вибору є розрахунок link budget всієї системи в AWR DESIGN ENVIRONMENT

Приклад завдання на ДКР:

Обрати компоненти для НВЧ частини приймально-передавального модуля, яка складається з таких компонентів: попередній підсилювач, подільник потужності, підсилювачі потужності, суматор, елемент, що забезпечує одночасну роботу передавача і приймача на одну антену, захисний пристрій приймача, МШУ. Необхідно розрахувати RF link budget для коефіцієнта підсилення на передачу і прийом, коефіцієнта шуму та рівня гармонік на прийом для системи, яка забезпечує такі характеристики:

- діапазон робочих частот 3.1-3.4 ГГц;
- вихідна потужність на антені 62.5 дБм;
- вхідна потужність на антені -80 дБм;
- потужність сигналу на виході НВЧ частини ППМ 0 дБм;
- коефіцієнт шуму 3 дБ;
- рівень третьої гармоніки на виході НВЧ частини ППМ -80 дБ по відношенню до основної гармоніки.

6. Контрольні роботи

В кредитному модулі передбачено проведення однієї модульної контрольної роботи. Модульна контрольна робота охоплює матеріал, що викладається в Розділі 2 «Приймально-передавальні модулі СМАРТ-систем». Метою проведення МКР є перевірка знання студентами основних характеристик складових приймально-передавального модулю СМАРТ-систем і здатності оцінити вплив характеристик окремих компонентів на характеристики всієї системи.

Приблизний перелік питань на модульну контрольну роботу:

- Суматори потужності НВЧ. Ефективність системи при відмінностях в комплексному коефіцієнті підсилення окремих підсилювачів
- Суматори потужності НВЧ. Узгоджені і реактивні схеми складання потужності. Особливості кожної із схем при виході з ладу окремих підсилювачів.
- Основні параметри і характеристики змішувачів. Вплив IP3 змішувача на загальні

характеристики SMART системи.

- Основні параметри і характеристики змішувачів. Вплив P1db змішувача на загальні характеристики SMART системи.

- Основні технології виробництва потужних транзисторів. Пояснити, як параметри і характеристики SMART систем зумовлюють вибір технології виробництва потужних транзисторів.

- Основні характеристики АЦП. Пояснити, як характеристики АЦП впливають на параметри цифрових антенних решітках.

- Основні характеристики АЦП. Максимально досяжні характеристики АЦП на нинішньому етапі розвитку електроніки. Пояснити технології UNDERSAMPLING та OVERSAMPLING.

- Основні схеми побудови ЦАП. Порівняти їх ефективність з точки зору можливості застосування в цифрових антенних решітках.

- Основні характеристики ЦАП. Пояснити, як характеристики ЦАП впливають на параметри цифрових антенних решіток. Максимально досяжні характеристики ЦАП на нинішньому етапі розвитку електроніки.

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)

Рейтинг студента (PC) з кредитного модуля складається з балів, які він отримує за:

- 1) виконання домашньої контрольної роботи
- 2) виконання модульної контрольної роботи;
- 3) виконання і захист 8 комп'ютерних практикумів

Для отримання фінальних балів за дисципліну до рейтингу PC додаються бали за екзамен РК.

Система рейтингових балів PC та критерії оцінювання

PC складається з балів, одержаних за виконання таких робіт:

1. Виконання домашньої контрольної роботи (ДКР):

- безпомилкове розв'язання завдання	10
- розв'язання з неістотними помилками	7
- розв'язання з помилками	
5- незадовільне або несвоєчасне виконання	0
Максимальна сума балів за ДКР	10

2. Оформлення і захист кожної з 8 звітів про виконання комп'ютерного практикуму (КП)

надають такі рейтингові бали:

- оформлення звіту відповідно до вимог і повна відповідь на захисті в терміни до 2 тижнів після закінчення роботи	5
- оформлення звіту з порушеннями або неповна відповідь в терміни не пізніше ніж 2 тижня після закінчення робіт	3
- захист пізніше ніж через 2 тижня після закінчення робіт	2
- незадовільна відповідь	0
Максимальна сума балів за 8 КП	40

3. Модульна контрольна робота (МКР) надає такі рейтингові бали:

- безпомилкове розв'язання завдання	10
- розв'язання з неістотними помилками	7
- розв'язання з помилками	5
- незадовільне виконання або відсутність під час контролю без поважних причин	0
Максимальна сума балів за МКР	10

Максимальний РС в семестрі складає:

$$РС = 10 + 40 + 10 = 60 \text{ балів.}$$

Умови позитивної проміжної атестації

Для отримання «зараховано» з першої проміжної атестації (8 тиждень) студент має одержати не менше ніж 15 балів.

Для отримання «зараховано» з другої проміжної атестації (14 тиждень) студент має одержати не менше ніж 30 балів.

Умови допуску до екзамену:

1. Виконання ДКР.
2. Виконання та захист усіх комп'ютерних практикумів;

Система рейтингових балів РК та критерії оцінювання

На екзамені проводиться контрольна робота. Завдання контрольної роботи складається з двох питань різних розділів робочої програми з переліку, що наданий у методичних рекомендацій до засвоєння кредитного модуля.

Кожне питання оцінюється максимум у 20 балів.

Відповідь на кожне теоретичне питання по кожній частині дисципліни надає такі бали:

- повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації)	20
- достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації або незначні неточності)	16
- неповна відповідь (не менше 50% потрібної інформації та деякі помилки)	12
- незадовільна відповідь	0

Максимальний РК складає:

РК = 20+20 = 40 балів.

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)

...

Опис матеріально-технічного та інформаційного забезпечення дисципліни

В межах дисципліни передбачено комп'ютерний практикум

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено [Василенко Д. О.](#);

Ухвалено кафедрою PI (протокол № 06/2023 від 22.06.2023)

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

Погоджено методичною комісією факультету електроніки (протокол № 06\23 від 29.06.2023 р.)