

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

Кафедра № 501 «Аерокосмічних радіоелектронних систем»
(назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Гарант освітньої програми
Б.В. Давліков
(ім'я та прізвище)
2021 р.



РОБОЧА ПРОГРАМА ВИБІРКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Цифрова обробка сигналів
(назва навчальної дисципліни)

Галузі знань: 17 «Електроніка та телекомунікації»
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 172 «Телекомунікації та радіотехніка»
(код та найменування спеціальності)

Освітня програма: «Радіоелектронні пристрої, системи та комплекси»
(найменування спеціалізації)

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Харків 2021 рік

Розробник: Баришев І.В., професор каф. 501, д.т.н., професор
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь та вчене звання)



(підпис)

Горбуненко О.А. доцент каф. 501, к.т.н.
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь та вчене звання)



(підпис)

Робочу програму розглянуто та затверджено на засіданні кафедри
“Аерокосмічних радіоелектронних систем”

Протокол № 12/20-21 від “ 25 ” серпня 2024 р.

Завідувач кафедри «Аерокосмічних радіоелектронних систем»,

к.т.н., доцент
(науковий ступінь та вчене звання)



(підпис)

С.С. Жила
(ініціали та прізвище)

1. Опис навчальної дисципліни
«Цифрова обробка сигналів»
(назва дисципліни)

| | | | |
|---|-------------------------------------|---|--|
| Найменування показників | | Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти | Характеристика навчальної дисципліни Денна форма навчання |
| Кількість кредитів – 10 | | Галузь знань <u>17 «Електроніка та телекомунікації»</u> (шифр і назва) | Обов'язкова |
| Кількість модулів – 2 | | | Навчальний рік |
| Кількість змістових модулів – 2 | | | |
| Індивідуальне завдання <u>Курсова робота</u> (назва) | | Спеціальність <u>172 «Радіотехніка та телекомунікації»</u> | 2021/2022 |
| | | | Семестр |
| | | | 5-й |
| Загальна кількість годин – 300 кількість годин аудиторних занять*) - 128/ загальна кількість годин - 300 | | Освітня програма <u>«Радіоелектронні пристрої, системи та комплекси»</u> | Лекції *) |
| Кількість тижневих годин для денної форми навчання: | | | 48 год. |
| Семестр 5 | | | Практичні *) |
| аудиторних – 8 год. | самост. роботи здобувача- 10,8 год. | | 40 год. |
| | | | Лабораторні *) |
| | | | 40 год. |
| | | | Самостійна робота |
| | | | 172 год. |
| | | | Вид контролю |
| | | | модульний контроль, іспит, диф. залік |

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить:
для денної форми навчання – 128/172.

*) Аудиторне навантаження може бути зменшене або збільшене на одну годину в залежності від розкладу занять.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета – формування у студентів знань про призначення та принципи здійснення цифрової обробки сигналів (ЦОС), про можливість застосування цифрової обробки сигналів в інформаційних радіотехнічних системах; засвоєння методів перетворень Фур'є (дискретного та швидкого), Z-перетворень, проектування цифрових фільтрів з кінцевою та нескінченною імпульсними характеристиками та операцій над спектрами сигналів в техніці зв'язку.

Завдання - вивчення процесів та теоретичних закономірностей, які складають основу побудови сучасних цифрових пристроїв різноманітного призначення.

Компетентності, які набуваються:

- здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.
- здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.
- вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми.
- здатність розуміти сутність і значення інформації в розвитку сучасного інформаційного суспільства.
- здатність використовувати базові методи, способи та засоби отримання, передавання, обробки та зберігання інформації.
- здатність здійснювати комп'ютерне моделювання пристроїв, систем і процесів з використанням універсальних пакетів прикладних програм.

Очікувані результати навчання:

- вміння застосовувати знання в галузі інформатики й сучасних інформаційних технологій, обчислювальної і мікропроцесорної техніки та програмування, програмних засобів для розв'язання спеціалізованих задач та практичних проблем у галузі професійної діяльності.
- здатність брати участь у створенні прикладного програмного забезпечення для елементів (модулів, блоків, вузлів) телекомунікаційних систем, інфокомунікаційних, телекомунікаційних мереж, радіотехнічних систем та систем телевізійного й радіомовлення тощо.
- вміння проводити розрахунки елементів телекомунікаційних систем, інфокомунікаційних та телекомунікаційних мереж, радіотехнічних систем та систем телевізійного й радіомовлення, згідно технічного завдання у відповідності до міжнародних стандартів, з використанням.
- вміння застосовувати сучасні досягнення у галузі професійної діяльності з метою побудови перспективних телекомунікаційних систем, інфокомунікаційних, телекомунікаційних мереж, радіотехнічних систем та систем телевізійного й радіомовлення тощо.
- вміння використовувати системи моделювання та автоматизації схемотехнічного проектування для розроблення елементів, вузлів, блоків радіотехнічних та телекомунікаційних систем.

Пререквізити: “Вища математика”, “Фізика”, “Теорія електричних кіл”, “Сигнали та процеси”, “Основи програмування”

Кореквізити: “Статистична теорія радіотехнічних систем”, “Мікропроцесорні пристрої цифрової обробки сигналів і їх програмування”

3. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1

Змістовний модуль 1. Дискретні сигнали і лінійні дискретні фільтри

Тема 1. Вступ до навчальної дисципліни “Цифрова обробка сигналів”.

Предмет вивчення, цілі та завдання дисципліни. Місце дисципліни в навчальному плані.

Тема 2. Основні типи сигналів в дискретній та цифровій техніці.

Роль і значення цифрової обробки сигналів у радіотехнічних пристроях і системах. Класифікація і математичний опис сигналів.

Тема 3. Зв'язок між аналоговими і дискретними сигналами.

Дискретне перетворення Фур'є. Згортка дискретних сигналів.

Тема 4. Z-перетворення.

Пряме та зворотнє Z-перетворення, його властивості, рішення різницевих рівнянь з використанням Z-перетворення, зв'язок між Z-перетворенням та перетворенням Фур'є.

Тема 5. Алгоритми і структурні схеми дискретних систем.

Алгоритми рекурсивних та нерекурсивних фільтрів. Форми реалізації дискретних фільтрів.

Тема 6. Основні характеристики лінійних дискретних фільтрів.

Передаточні функції; часові і частотні характеристики лінійних дискретних фільтрів, їхня стійкість і реалізуємість; зв'язок між частотними і часовими характеристиками фільтрів.

Тема 7. Розрахунок характеристик фільтра і вихідних сигналів як при детермінованому, так і при стохастичному впливі.

Надаються основні характеристики випадкових дискретних сигналів, а також фільтрація дискретних випадкових послідовностей.

Тема 8. Представлення і кодування чисел.

Представлення чисел з фіксованою та плаваючою комою, кодування чисел прямим, зворотнім і додатковим кодами. Помилки квантування в цифрових фільтрах; вплив квантування вхідного сигналу на вихідний сигнал цифрового фільтра.

Тема 9. Квантування та його ефекти.

Ефекти квантування коефіцієнтів фільтра, ефекти округлення та усічення результатів арифметичних операцій. Масштабування і динамічний діапазон сигналів у цифровому фільтрі, граничні цикли.

Модульний контроль

Змістовний модуль 2. Цифрові фільтри

Тема 10. Цифро-аналогові (ЦАП) та аналого-цифрові перетворення (АЦП).

Способи реалізації ЦАП і АЦП; апаратна та програмна реалізації цифрового фільтра.

Тема 11. Проектування цифрових фільтрів з кінцевою імпульсною характеристикою (КІХ-фільтри).

Критерії, використовувані при проектуванні цифрових фільтрів; КІХ-фільтри без операції множення; проектування КІХ-фільтрів з точною лінійною ФЧХ загального виду; розрахунок розрядності коефіцієнтів і регістрів оперативної пам'яті КІХ-фільтрів.

Тема 12. Фільтри з нескінченною імпульсною характеристикою (НІХ-фільтр).

Формулювання вимог до частотних характеристик фільтра; типи аналогових фільтрів; білінійне перетворення; визначення передаточної функції цифрового ФНЧ.

Тема 13. Алгоритми ШПФ з проріджуванням за часом.

Основи побудови алгоритмів ШПФ; побудова алгоритмів ШПФ із проріджуванням за часом; приклади реалізації алгоритму ШПФ із проріджуванням за часом.

Тема 14. Алгоритми ШПФ із проріджуванням по частоті.

Побудова алгоритмів ШПФ із проріджуванням по частоті; застосування методу ШПФ для обчислення зворотного ДПФ (ЗДПФ); застосування ШПФ для обчислення реакції ЦФ; інші швидкі алгоритми обчислення дискретного перетворення Фур'є; аналіз точності реалізації алгоритмів ШПФ.

Тема 15. Деякі операції над спектрами сигналів у техніці зв'язку.

Загальні відомості; перенос та інверсія спектра; формування сигналу з однією бічною смугою.

Тема 16. Інтерполяція частоти дискретизації цифрового сигналу.

Загальні відомості й основні поняття цифрової інтерполяції сигналів; експандер частоти дискретизації; рівняння та принцип роботи найпростішої системи інтерполяції; характеристики фільтрів у реальних системах інтерполяції; цифрова фільтрація при поліноміальній інтерполяції; інтерполяція за допомогою оптимальних фільтрів; перенос спектра при інтерполяції.

Тема 17. Децимація частоти дискретизації цифрового сигналу.

Загальні відомості й основні поняття цифрової децимації сигналів; компресор частоти дискретизації; рівняння і принцип роботи найпростішої системи децимації; структурна схема децимації з цілочисленним коефіцієнтом.

Модульний контроль

Модуль 2

Курсова 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. Дискретні сигнали і лінійні дискретні фільтри | | | | | |
| Тема 1. Вступ до навчальної дисципліни | 2 | 2 | | | |
| Тема 2. Основні типи сигналів в дискретній та цифровій техніці | 8 | 2 | | | 6 |
| Тема 3. Зв'язок між аналоговими та дискретними сигналами | 10 | 2 | 2 | | 6 |
| Тема 4. Z-перетворювання | 16 | 2 | 4 | | 10 |
| Тема 5. Алгоритми і структурні схеми дискретних систем | 14 | 2 | 2 | 2 | 8 |
| Тема 6. Основні характеристики лінійних дискретних фільтрів | 14 | 2 | 2 | 2 | 8 |
| Тема 7. Розрахунок характеристик фільтра і вихідних сигналів як при детермінованому, так і при стохастичному впливі | 16 | 4 | 2 | 2 | 8 |
| Тема 8. Представлення і кодування чисел | 10 | 2 | 2 | | 6 |
| Тема 9. Квантування та його ефекти | 12 | 2 | 2 | | 8 |
| Разом за змістовним модулем 1 | 102 | 20 | 16 | 6 | 60 |

| Змістовний модуль 2. Цифрові фільтри | | | | | |
|---|-----|----|----|----|-----|
| Тема 10. Цифро-аналогові (ЦАП) та аналого-цифрові перетворення (АЦП) | 12 | 4 | | | 8 |
| Тема 11. Проектування цифрових фільтрів з кінцевою імпульсною характеристикою (КІХ-фільтри) | 26 | 6 | 2 | 8 | 10 |
| Тема 12. Фільтри з нескінченною імпульсною характеристикою (НІХ-фільтри) | 26 | 6 | 2 | 8 | 10 |
| Тема 13. Алгоритми ШПФ із проріджуванням за часом | 24 | 4 | 2 | 8 | 10 |
| Тема 14. Алгоритми ШПФ із проріджуванням по частоті | 18 | 2 | 2 | 6 | 8 |
| Тема 15. Деякі операції над спектрами сигналів у техніці зв'язку | 8 | 2 | | | 6 |
| Тема 16. Інтерполяція частоти дискретизації цифрового сигналу | 12 | 2 | | 2 | 8 |
| Тема 17. Децимація частоти дискретизації цифрового сигналу | 12 | 2 | | 2 | 8 |
| Разом за змістовним модулем 2 | 138 | 28 | 8 | 34 | 68 |
| Усього годин | 240 | 48 | 24 | 40 | 128 |
| Модуль 2 | | | | | |
| Курсова робота | 60 | | 16 | | 44 |
| Усього годин | 60 | | 16 | | 44 |
| Усього годин за предметом | 300 | 48 | 40 | 40 | 172 |

5. Теми семінарських занять

| № з/п | Назва теми | Кількість годин |
|-------|------------|-----------------|
| 1 | | |
| 2 | | |

6. Теми практичних занять

| № з/п | Назва теми | Кільк. год. |
|-------|---|-------------|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Дослідження зв'язку між аналоговими та дискретними сигналами, побудова спектрів аналогових та дискретних сигналів | 2 |
| 2 | Розрахунок характеристик фільтра і вихідних сигналів | 2 |
| 3 | Рішення практичних задач з дискретного перетворення Фур'є, Z-перетворення, згортки дискретних сигналів. | 6 |
| 4 | Рішення практичних задач з передаточних функції, часових і частотних характеристик дискретних фільтрів. Розрахунок параметрів вихідних сигналів | 2 |
| 5 | Розрахунок похибок квантування та його ефектів | 2 |
| 6 | Представлення і кодування чисел | 2 |
| 7 | Рішення практичних задач з представлення, кодування чисел та сигналів, побудова цифрових фільтрів (КІХ). | 2 |
| 8 | Рішення практичних задач з побудови цифрових фільтрів (НІХ). | 2 |
| 9 | Рішення практичних задач з швидкого перетворення Фур'є. | 4 |
| | Разом | 24 |

7. Теми лабораторних занять

| № з/п | Назва теми | Кількість годин |
|-------|---|-----------------|
| 1 | Побудова спектрів аналогових та дискретних сигналів. Розрахунок характеристик фільтра | 6 |
| 2 | Дослідження цифрових фільтрів з кінцевою імпульсною характеристикою (КІХ). | 8 |
| 3 | Дослідження цифрових фільтрів з нескінченною імпульсною характеристикою (НІХ). | 8 |
| 4 | Дослідження алгоритмів швидкого перетворення Фур'є (ШПФ). | 14 |
| 5 | Дослідження ефектів інтерполяції та децимації частоти дискретизації цифрового сигналу | 4 |
| | Разом | 40 |

8. Самостійна робота

| № з/п | Назва теми | Кількість годин |
|-------|--|-----------------|
| 1 | Основні типи сигналів в дискретній та цифровій техніці (Тема 2) | 6 |
| 2 | Зв'язок між аналоговими та дискретними сигналами (Тема 3) | 6 |
| 3 | Z-перетворювання (Тема 4) | 10 |
| 4 | Алгоритми і структурні схеми дискретних систем (Тема 5) | 8 |
| 5 | Основні характеристики лінійних дискретних фільтрів (Тема 6) | 8 |
| 6 | Розрахунок характеристик фільтра і вихідних сигналів як при детермінованому, так і при стохастичному впливі (Тема 7) | 8 |
| 7 | Представлення і кодування чисел (Тема 8) | 6 |
| 8 | Квантування та його ефекти (Тема 9) | 8 |
| 9 | Цифро-аналогові (ЦАП) та аналого-цифрові перетворення (АЦП) (Тема 10) | 8 |
| 10 | Проектування цифрових фільтрів з кінцевою імпульсною характеристикою (КІХ-фільтри) (Тема 11) | 10 |
| 11 | Фільтри з нескінченною імпульсною характеристикою (НІХ-фільтри) (Тема 12) | 10 |
| 12 | Алгоритми ШПФ із проріджуванням за часом (Тема 13) | 10 |
| 13 | Алгоритми ШПФ із проріджуванням по частоті (Тема 14) | 8 |
| 14 | Деякі операції над спектрами сигналів у техніці зв'язку (Тема 15) | 6 |
| 15 | Інтерполяція частоти дискретизації цифрового сигналу (Тема 16) | 8 |
| 16 | Децимація частоти дискретизації цифрового сигналу (Тема 17) | 8 |
| | Разом | 128 |

9. Індивідуальні завдання

| № з/п | Назва теми |
|-------|--|
| 1 | Виконання курсової роботи за тематикою, яка спрямована на засвоєння основних методів та набуття практичних навичок у рішенні задач та розрахунку цифрових фільтрів |

10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, практичних занять, індивідуальні консультації (при необхідності), самостійна робота студентів за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники).

11. Методи контролю

Проведення поточного контролю, письмового модульного контролю, фінальний контроль у вигляді іспитів.

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 | 1 | 6 | 6 |
| Робота на практичних заняттях | 2 | 6 | 12 |
| Виконання і захист лабораторних робіт | 2 | 3 | 6 |
| Модульний контроль | 26 | 1 | 26 |
| Змістовний модуль 2. | | | |
| Робота на лекціях | 1 | 6 | 6 |
| Робота на практичних заняттях | 1 | 6 | 6 |
| Виконання і захист лабораторних робіт | 2 | 6 | 12 |
| Модульний контроль | 26 | 1 | 26 |
| Усього за семестр | | | 100 |

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування й наявності допуску до іспиту. Під час складання семестрового іспиту студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту складається з двох теоретичних питань та одного практичного завдання. Максимум балів за кожне теоретичне питання – 35, за практичне завдання – 30.

Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру

Задовільно (60-74). Показати мінімум знань та умінь. Відпрацювати всі практичні заняття. Відпрацювати та захистити всі лабораторні роботи. Знати основи цифрової обробки сигналів. Мати знання і розуміння основних положень.

Добре (75-89). Твердо володіти мінімумом знань, виконати усі завдання в обумовлений викладачем строк. Відпрацювати всі практичні завдання. Відпрацювати та захистити всі лабораторні роботи. Знати основи цифрової обробки сигналів.

Відмінно (90-100). Повно знати основний та додатковий матеріал. Знати усі теми. Орієнтуватися у підручниках та посібниках. Відпрацювати всі практичні заняття, які було запропоновано. Вміти використовувати набуті знання і вміння для прийняття рішень у різних ситуаціях, переконливо аргументувати свої відповіді на запитання з дисципліни. Вміти реалізувати основні алгоритми на ЕОМ.

Розподіл балів, які отримують здобувачі за виконання курсової роботи (проекту)

| Пояснювальна записка | Ілюстративна частина | Захист роботи | Сума |
|----------------------|----------------------|---------------|------|
| до 50 | до 25 | до 25 | 100 |

Шкала оцінювання: бальна та традиційна

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

13. Методичне забезпечення

1. И.В. Барышев, О.А. Горбуненко Цифровая обработка сигналов. Учебное пособие по практическим занятиям, 2008.
2. И.В. Барышев, С.А. Харинов. Моделирование методов цифровой обработки сигналов на ЭВМ. Учебное пособие по лабораторному практикуму, 1994.
3. И.В. Барышев, О.А. Горбуненко, В.А. Киреев. Цифровые фильтры. Учебное пособие по курсовому проектированию. Харьков, ХАИ, 2006.

14. Рекомендована література

Базова

1. Гольденберг Л.М., Матюшкин Б.Д. и др. Цифровая обработка сигналов. Учебник для вузов.
2. Л. Рабинер, Б. Гоулд. Теория и применение цифровой обработки сигналов. Издательство “МИР”, М., 1978.
3. Христиан Э., Эйзенман Ё. Таблицы и графики по расчету фильтра. М.: Связь, 1975.

Допоміжна

1. А.Б. Сергиенко. Цифровая обработка сигналов. Учебник для вузов. 2002.
2. В. Бондарев, Г. Трестер, В. Чернега. Цифровая обработка сигналов: методы и средства. Учебник для вузов 2001.
3. Э. Айфичер, Б. Джервис. Цифровая обработка сигналов. Практический подход. М.: Издательский дом “Вильямс”, 2004.

15. Інформаційні ресурси

<https://library.khai.edu>