

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”

Факультет електроніки

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Декан факультету електроніки

Жуйков В.Я.

“___” _____ 2020 р.

Жуйков В.Я.

“___” _____ 2021 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА

КРЕДИТНОГО МОДУЛЯ

“МЕТОДИ ОБРОБКИ АКУСТИЧНИХ СИГНАЛІВ”

підготовки бакалаврів

спеціальності 171 “Електроніка”

**що навчаються за програмами професійного спрямування
«Акустичні електронні системи та технології обробки акустичної
інформації»**

денної форми навчання

Ухвалено методичною комісією

ФЕЛ

Протокол № _____ від _____ 2020 р.

Голова методичної комісії

_____ Катерина Клен

«___» _____ 2020р.

Київ – 2020

Робоча програма кредитного модуля “Методи обробки акустичних сигналів” для студентів за напрямом підготовки 171 «Електроніка», освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр, за денною формою навчання складена відповідно до програми навчальної дисципліни “Методи обробки акустичних сигналів”

Розробник робочої програми:

професор, д.т.н., професор Продеус Аркадій Миколайович

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім.'я, по батькові)

_____ (підпис)

Робочу програму затверджено на засіданні кафедри акустичних та мультимедійних електронних систем

Протокол № 5 від 26.06.2020 р.

В.о. завідувача кафедри

_____ (підпис)

Найда С.А.
(ініціали, прізвище)

«__ __» _____ 2020 р.

1. Опис кредитного модуля

Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Загальні показники	Характеристика кредитного модуля
Галузь знань <i>"Електроніка і телекомунікації"</i>	Назва дисципліни, до якої належить кредитний модуль <i>Методи обробки акустичних сигналів</i>	Форма навчання <i>денна</i>
Напрямок підготовки <i>171 "Електроніка"</i>	Кількість кредитів ECTS 5,5	Статус кредитного модуля <i>нормативний</i>
	Кількість розділів 2	<i>Цикл професійної та практичної підготовки</i>
	Індивідуальне завдання <i>розрахунково-графічна робота</i>	Рік підготовки 3
		Семестр 5
Освітньо-кваліфікаційний рівень <i>бакалавр</i>	Загальна кількість годин <i>165</i>	Лекції <i>54 год.</i>
		<i>Практичні (семінарські)</i> <i>18 год.</i>
		<i>Лабораторні (комп'ютерний практикум)</i> <i>18 год.</i>
	Тижневих годин: <i>аудиторних – 4</i> <i>СРС – 6</i>	Самостійна робота <i>75 год.,</i> у тому числі на виконання індивідуального завдання <i>30 год.</i>
		Вид та форма семестрового контролю <i>екзамен</i>

Кредитний модуль "Методи обробки акустичних сигналів" – складова частина дисциплін, які включені до циклу професійної та практичної підготовки бакалаврів спеціальності 171 «Електроніка», освітня програма «Акустичні електронні системи та технології обробки акустичної інформації».

Предметом навчальної дисципліни є широке коло методів обробки акустичних сигналів різної природи. Таким чином охоплюється значна частина напрямів розробки систем обробки акустичних сигналів, що дозволяє органічно пов'язати дисципліну «Методи обробки акустичних сигналів» з дисциплінами, що передують: "Ймовірнісні основи обробки даних", "Теорія випадкових процесів", «Теорія процесів і систем». Дисципліни, що забезпечуються: «Обробка зображень в медицині», «Акустичні інформаційні системи», «Комп'ютерні акустичні системи», «Проектування акустичних приладів та систем», «Комп'ютерна обробка акустичних сигналів», «Захист акустичної інформації».

2. Мета та завдання кредитного модуля

2.1. Метою кредитного модуля є формування у студентів здатностей:

- аналізу та синтезу цифрових систем обробки акустичних сигналів;
- системотехнічного підходу до побудови алгоритмів та систем обробки акустичних сигналів;
- володіння основами методик інженерного аналізу, моделювання та розрахунку конкретних акустичних систем та їх елементів;
- володіння знаннями стандартної термінології.

2.2. Основні завдання кредитного модуля.

Згідно з вимогами програми навчальної дисципліни студенти після засвоєння кредитного модуля мають продемонструвати такі результати навчання:

знання:

- методів розрахунку нерекурсивних та рекурсивних цифрових фільтрів;
- основних властивостей перетворень Фур'є та Гільберта;
- методів статистичної обробки випадкових процесів з особливим наголосом на спектрально-кореляційні методи;
- методів математичного моделювання акустичних сигналів та завад;
- використання середовища Matlab для моделювання та обробки акустичних сигналів та завад;

уміння:

- розраховувати параметри нерекурсивних цифрових фільтрів;
- розраховувати параметри рекурсивних цифрових фільтрів;
- виконувати моделювання та обчислення в середовищі Matlab в діалоговому режимі;
- виконувати моделювання та обчислення в середовищі Matlab в програмному режимі;
- виконувати статистичний аналіз випадкових процесів: обчислення середнього, дисперсії, законів розподілу, функцій кореляції та спектрів потужності;
- створювати аналітичні та комп'ютерні моделі мовленнєвих та музичних сигналів;

досвід:

- розрахунку нерекурсивних та рекурсивних цифрових фільтрів;
- моделювання акустичних сигналів та завад;
- цифрової фільтрації акустичних сигналів, завад та їх моделей;
- практичного застосування перетворень Фур'є та Гільберта при обробці акустичних сигналів та завад;
- розробки комп'ютерних програм в середовищі Matlab для обробки акустичних сигналів та їх моделей.

3. Структура кредитного модуля

Назви розділів і тем	Розподіл за семестрами та видами занять				
	Всього	Лекц.	Практ.	Лабор.	СРС
1	2	3	4	5	6
Розділ 1. Цифрова обробка акустичних сигналів					
<i>Тема 1. Цифрові нерекурсивні фільтри</i>	7	2	1	1	3
<i>Тема 2. Цифрові рекурсивні фільтри</i>	7	2	1	1	3
<i>Тема 3. Фільтри Кайзера</i>	7	2	1	1	3
<i>Тема 4. Синтез оптимальних за Чебишовим фільтрів</i>	7	2	1	1	3
<i>Тема 5. Спеціальні різновиди цифрових фільтрів: фільтри, що диференціюють та інтегрують</i>	7	2	1	1	3
<i>Тема 6. Застосування Matlab для розрахунку цифрових фільтрів</i>	7	2	1	1	3
<i>Тема 7. Моделювання забарвленого шуму</i>	7	2	1	1	3
<i>Тема 8. Дискретне перетворення Гільберта</i>	7	2	1	1	3
<i>Тема 9. Чотири форми перетворення Фур'є</i>	6	1	1	1	3
<i>Тема 10. Дискретне перетворення Фур'є гармонічного сигналу</i>	7	2	1	1	3
<i>Тема 11. Алгоритм швидкого перетворення Фур'є</i>	6	1	1	1	3
Разом за розділом 1	75	20	11	11	33
Розділ 2. Статистична обробка акустичних сигналів					
<i>Тема 12. Гістограмний метод оцінювання густини ймовірності випадкового процесу</i>	6	1	1	1	3
<i>Тема 13. Вимірювання математичного очікування стаціонарних випадкових процесів (СВП).</i>	6	1	1	1	3
<i>Тема 14. Вимірювання дисперсії стаціонарних випадкових процесів</i>	6	1	1	1	3
<i>Тема 15. Вимірювання кореляційної функції стаціонарних випадкових процесів</i>	7	2	1	1	3

1	2	3	4	5	6
<i>Тема 16. Визначення спектру СВП: теорема Вінера-Хінчіна</i>	7	2	1	1	3
<i>Тема 17. Вимірювання спектрів потужності випадкових процесів</i>	7	2	1	1	3
<i>Тема 18. Спектрально-кореляційний аналіз процесів та систем</i>	7	2	1	1	3
Разом за розділом 2	46	11	7	7	21
Модульна контрольна робота	2	2			
Підготовка до іспиту	9				9
Іспит	3				
Всього в семестрі:	135	36	18	18	63

4. Лекційні заняття

№ лекції	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	<p>Цифрові нерекурсивні фільтри</p> <p>Класифікація акустичних приладів та систем. Головні задачі та методи обробки сигналів. Нерекурсивні фільтри. Імпульсний відгук та передаточна характеристика. Розрахунок нерекурсивних НЧ-фільтрів. Явище Гіббса. Функції вікна. Розрахунок нерекурсивних ВЧ, смугових та режекторних фільтрів. [1, с. 51-64; 2].</p> <p>СРС: Виконати розрахунки нерекурсивних фільтрів із заданими властивостями АЧХ та ФЧХ. [1, с. 51-64; 2].</p>
2	<p>Цифрові рекурсивні фільтри</p> <p>Рекурсивні фільтри. Алгоритм рекурсивної фільтрації. Z-перетворення. Імпульсний відгук та передаточна характеристика, типи рекурсивних фільтрів. Розрахунок рекурсивних фільтрів. [1, с. 66-82; 2].</p> <p>СРС: Виконати розрахунки рекурсивних фільтрів із заданими властивостями АЧХ та ФЧХ. [1, с. 66-82; 2].</p>
3	<p>Фільтри Кайзера</p> <p>Фільтри Кайзера. Особливості вікна Кайзера. Методика Кайзера. Розрахунок фільтрів кайзера в середовищі Матлаб. [1, с. 96-102; 2]</p> <p>СРС: Виконати розрахунки фільтрів із вікном Кайзера та заданими властивостями АЧХ та ФЧХ. [1, с. 96-102; 2].</p>
4	<p>Синтез оптимальних за Чебишовим фільтрів</p> <p>Синтез оптимальних за Чебишовим фільтрів. Рівномірне наближення функцій. Тригонометричні поліноми. Теорема Чебишова при альтернанси. Розрахунок фільтрів Чебишова за методом Ремеза. Розрахунок фільтрів Чебишова в середовищі Матлаб. Л [1] с. 104-116; Л [2]</p> <p>СРС: Виконати розрахунки оптимальних за Чебишовим фільтрів та заданими властивостями АЧХ та ФЧХ. Л [1] с. 104-116; Л [2]</p>

5	<p>Спеціальні різновиди цифрових фільтрів: фільтри, що диференціюють та інтегрують</p> <p>Спеціальні різновиди цифрових фільтрів. Фільтри, що диференціюють. АЧХ та ФЧХ фільтрів що диференціюють. Різновиди фільтрів що диференціюють. Фільтри, що інтегрують. АЧХ та ФЧХ фільтрів що інтегрують. Різновиди фільтрів що інтегрують. Л [1] с. 118-126; Л [2]</p> <p>СРС: Виконати розрахунки фільтрів, що диференціюють та інтегрують, із заданими властивостями АЧХ та ФЧХ. Л [1] с. 118-126; Л [2]</p>
6	<p>Застосування Matlab для розрахунку цифрових фільтрів</p> <p>Застосування Matlab для розрахунку цифрових фільтрів. Структура та можливості Матлаб. Робота у діалоговому режимі (із командним вікном). Робота із графічними інтерфейсами (sptool, fdatool). Приклади розв'язання завдань із побудови цифрових фільтрів в середовищі Матлаб. Л [1] с. 74-82, 89-93, 101-102; Л [2]</p> <p>СРС: Виконати розрахунки фільтрів в середовищі Матлаб із застосуванням графічних інтерфейсів sptool, fdatool. Л [1] с. 74-82, 89-93, 101-102; Л [2]</p>
7	<p>Моделювання забарвленого шуму</p> <p>Мета моделювання забарвленого шуму. Різновиди забарвленого шуму. Технологія моделювання забарвленого шуму із використання цифрових фільтрів. Використання моделювання забарвленого шуму при дослідженні методів вимірювання розбірливості мови на фоні шуму. Формантний метод вимірювання розбірливості мови на фоні шуму. Л [1] с. 128-138; Л [2]</p> <p>СРС: Виконати моделювання забарвленого шуму із заданим відношенням сигнал-шум. Л [1] с. 128-138; Л [2]</p>
8	<p>Дискретне перетворення Гільберта</p> <p>Дискретне перетворення Гільберта. Застосування перетворення Гільберта: обчислення огинаючої сигналів. Визначення перетворення Гільберта. Властивості перетворення Гільберта. Два підходи до виводу ДПГ: спектральний та часовий. Л [1] с. 141-152; Л [2]</p> <p>СРС: Побудувати обвідні реальних мовних сигналів, застосовуючи перетворення Гільберта. Л [1] с. 141-152; Л [2]</p>
9	<p>Чотири форми перетворення Фур'є</p> <p>Чотири форми перетворення Фур'є. Неперервне перетворення Фур'є. Ряд Фур'є. Дискретне перетворення Фур'є. Скінчене перетворення Фур'є. Л [1] с. 154-158; Л [2]</p> <p>СРС: Запрограмувати пряме дискретне перетворення Фур'є та протестувати розроблену програму на прикладах гармонічних сигналів. Л [1] с. 154-158; Л [2]</p>
10	<p>Дискретне перетворення Фур'є гармонічного сигналу</p> <p>Дискретне перетворення Фур'є гармонічного сигналу. Випадки спектру гармонічного сигналу: попадання у вузол сітки частот та непопадання у вузол. Функція (ядро) Діріхле та її неперервний аналог. Виконання ДПФ із застосуванням середовища Матлаб. Функції вікна та їх спектри. Дописування нулів та інтерполяція за допомогою перетворення Фур'є. Л [1] с. 160-174; Л [2]</p> <p>СРС: Протестувати розроблену програму прямого дискретного перетворення Фур'є на прикладах гармонічних та полігармонічних сигналів. Л [1] с. 160-174; Л [2]</p>

11	<p>Алгоритм швидкого перетворення Фур'є</p> <p>Алгоритм швидкого перетворення Фур'є. Алгоритм з прорізуванням у часі. Алгоритм з проріджуванням по частоті. Виграш у кількості арифметичних операцій. Л [1] с. 191-198; Л [2]</p> <p>СРС: Порівняти результати обчислення спектрів гармонічних та полігармонічних сигналів за прямим методом та за методом швидкого перетворення Фур'є. Л [1] с. 191-198; Л [2]</p>
12	<p>Гістограмний метод оцінювання густини ймовірності випадкового процесу</p> <p>Гістограмний метод оцінювання густини випадкового процесу. Зміщення та дисперсія оцінки густини ймовірності гістограмним методом. Повна відносна похибка оцінки. Л [1] с. 220-231; Л [2]</p> <p>СРС: Застосовуючи середовище Matlab, одержати та побудувати графіки густин ймовірності для гармонічного сигналу, гаусівського білого шуму та їх суміші із відношенням сигнал-шум 0 дБ. Л [1] с. 220-231; Л [2]</p>
13	<p>Вимірювання математичного очікування стаціонарних випадкових процесів</p> <p>Вимірювання математичного очікування стаціонарних випадкових процесів (СВП). Стаціонарні випадкові процеси у широкому та вузькому сенсах. Ергодичні випадкові процеси. Математичне очікування та дисперсія середнього арифметичного. Зміщення, ефективність та спроможність оцінок. Л [1] с. 233-239, 253-260; Л [2]</p> <p>СРС: Застосовуючи середовище Matlab, одержати та побудувати графіки мовного сигналу та його середнього значення. Л [1] с. 233-239, 253-260; Л [2]</p>
14	<p>Вимірювання дисперсії стаціонарних випадкових процесів</p> <p>Вимірювання дисперсії стаціонарних випадкових процесів. Математичне очікування оцінки дисперсії. Асимптотично незміщена та незміщена оцінки дисперсії. Дисперсія оцінки дисперсії. Л [1] с. 233-239, 253-260; Л [2]</p> <p>СРС: Застосовуючи середовище Matlab, одержати та побудувати графіки обвідної мовного сигналу за методом «детектор-інтегратор». Л [1] с. 233-239, 253-260; Л [2]</p>
15	<p>Вимірювання кореляційної функції стаціонарних випадкових процесів</p> <p>Вимірювання кореляційної функції стаціонарних випадкових процесів. Кореляційні функції та їх властивості. Неперервна форма оцінки функції кореляції. Математичне чекання і дисперсія оцінки функції кореляції у неперервній формі. Дискретна форма оцінки функції кореляції. Математичне чекання і дисперсія оцінки функції кореляції. Л [1] с. 262-270; Л [2]</p> <p>СРС: Застосовуючи середовище Matlab, одержати та побудувати графіки кореляційної функції мовного сигналу та дискретного білого шуму. Обчислити інтервали кореляції для обох випадків. Л [1] с. 262-270; Л [2]</p>
16	<p>Визначення спектру СВП: теорема Вінера-Хінчіна</p> <p>Визначення спектру СВП: теорема Вінера-Хінчіна. Моделі гармонійного процесу і білого шуму. Формули Вінера-Хінчіна. Модель гармонійного процесу. Моделі білого шуму. Спектри потужності та їх властивості. Співвідношення невизначеності. Л [1] с. 291-300; Л [2]</p> <p>СРС: Застосовуючи середовище Matlab, одержати та побудувати графіки спектрів потужності гармонійного сигналу та дискретного білого шуму. Л [1] с. 291-300</p>

17	<p>Вимірювання спектрів потужності стаціонарних випадкових процесів</p> <p>Вимірювання спектрів потужності стаціонарних випадкових процесів. Застосування спектроаналізаторів. Сирі періодограми. Неперервна та дискретна форми спектрального аналізу лінійних систем. Модифіковані періодограми. Фільтрова оцінка спектра. Вікна у спектральному аналізі. Параметри вікон. Вияв слабких гармонійних сигналів на фоні сильних. Л [1] с. 301-326; Л [2]</p> <p>СРС: Застосовуючи середовище Matlab, одержати та побудувати графіки спектрів потужності мовного сигналу. Л [1] с. 301-326; Л [2]</p>
18	<p>Спектрально-кореляційний аналіз процесів, лінійних та нелінійних систем</p> <p>Функція кореляції відгуку лінійної системи. Взаємна кореляція відгуку та впливу на лінійну систему. Неперервна та дискретна форми кореляційного аналізу лінійних систем. Спектр потужності відгуку лінійної системи. Л [1] с. 337-345; Л [2]</p> <p>СРС: Застосовуючи середовище Matlab, одержати та побудувати графіки АЧХ та ФЧХ підсилювача звукових частот. Л [1] с. 337-345; Л [2]</p>

5. Практичні (семінарські) заняття

Основні завдання циклу практичних (семінарських) занять полягають в придбання студентами необхідних практичних навиків розрахунку цифрових фільтрів як вручну, так і за допомогою середовища Matlab, засвоєння навичок користування перетвореннями Фур'є та Гільберта, глибоке розуміння зв'язку між фізичними та математичними моделями акустичних процесів та систем.

№ з/п	Розділ, тема, заняття
1	<p>Цифрова фільтрація сигналів</p> <p>Заняття 1. Розрахунок нерекурсивних НЧ-, ВЧ-, смугових та режекторних фільтрів. [1, с. 51-64; 2].</p> <p>СРС: Виконати розрахунки нерекурсивних фільтрів із заданими властивостями АЧХ та ФЧХ. [1, с. 51-64; 2].</p>
2	<p>Заняття 2. Розрахунок рекурсивних фільтрів. [1, с. 66-82; 2].</p> <p>СРС: Виконати розрахунки рекурсивних фільтрів із заданими властивостями АЧХ та ФЧХ. [1, с. 66-82; 2].</p>
3	<p>Дискретні перетворення Фур'є та Гільберта.</p> <p>Заняття 3. Застосування дискретної трансформації Фур'є для обробки сигналів. Функції вікна та їх спектри. Л [1] с. 154-158; Л [2]</p> <p>СРС: Запрограмувати пряме дискретне перетворення Фур'є та протестувати розроблену програму на прикладах гармонічних сигналів. Л [1] с. 154-158; Л [2]</p>
4	<p>Заняття 4. Розрахунок перетворення Гільберта за допомогою перетворення Фур'є. Різновиди алгоритмів дискретного перетворення Гільберта. Л [1] с. 141-152; Л [2]</p> <p>СРС: Побудувати обвідні реальних мовних сигналів, застосовуючи перетворення Гільберта. Л [1] с. 141-152; Л [2]</p>
5	<p>Цифрове диференціювання та інтегрування</p> <p>Заняття 5. Різновиди цифрового диференціювання та інтегрування. Л [1] с. 118-126; Л [2]</p> <p>СРС: Виконати розрахунки фільтрів, що диференціюють та інтегрують, із заданими властивостями АЧХ та ФЧХ. Л [1] с. 118-126; Л [2]</p>

6	<p>Основи статистичної обробки сигналів</p> <p>Заняття 6. Вимірювання законів розподілу гістограм ним методом, математичного очікування та дисперсії стаціонарних випадкових процесів. Л [1] с. 233-239, 253-260; Л [2]</p> <p>СРС: Застосовуючи середовище Matlab, одержати та побудувати графіки мовного сигналу, його гістограми, середнього значення та дисперсії. Л [1] с. 233-239, 253-260; Л [2]</p>
7	<p>Вимірювання кореляційної функції стаціонарних випадкових процесів</p> <p>Заняття 7. Алгоритми оцінювання. Оцінювання в середовищі Matlab. Оцінювання інтервалу кореляції. Л [1] с. 262-270; Л [2]</p> <p>СРС: Застосовуючи середовище Matlab, одержати та побудувати графіки кореляційної функції мовного сигналу та дискретного білого шуму. Обчислити інтервали кореляції для обох випадків. Л [1] с. 262-270; Л [2]</p>
8	<p>Вимірювання спектрів потужності стаціонарних випадкових процесів</p> <p>Заняття 8. Вимірювання спектрів потужності стаціонарних випадкових процесів. Л [1] с. 301-326; Л [2]</p> <p>СРС: Застосовуючи середовище Matlab, одержати та побудувати графіки спектрів потужності мовного сигналу. Л [1] с. 301-326; Л [2]</p>
9	<p>Спектрально-кореляційний аналіз процесів та лінійних систем</p> <p>Заняття 9. Функція кореляції відгуку лінійної системи. Взаємна кореляція відгуку та впливу на лінійну систему.</p> <p>СРС: Застосовуючи середовище Matlab, одержати та побудувати графіки АЧХ та ФЧХ підсилювача звукових частот. Л [1] с. 337-345; Л [2]</p>

6. Лабораторні заняття (комп'ютерний практикум)

Основні завдання циклу лабораторних занять (комп'ютерного практикуму) полягає в придбанні студентами необхідних практичних навичок із статистичної обробки стаціонарних на нестационарних випадкових процесів, поглиблене розуміння зв'язку між фізичними та математичними моделями акустичних процесів та систем.

№ з/п	Назва лабораторної роботи (комп'ютерного практикуму)	Годин
1	Знайомство із можливостями пакету sptool середовища Matlab.	2
2	Розрахунок нерекурсивних фільтрів низької частоти та низькочастотна фільтрація мовних сигналів	4
3	Побудова обвідної фрагменту мовного сигналу	4
4	Кореляційна обробка сигналів: процедура та приклади застосування	4
5	Спектральна обробка сигналів: процедура та приклади застосування	4
	Разом:	18

7. Самостійна робота

№	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість
---	---	-----------

з/п		годин СРС
1	Сomb-фільтри та їх застосування в комп'ютерних додатках	4
2	Все пропускаючі фільтри та їх використання в комп'ютерних додатках	4
3	Моделювання реверберації. Фільтри Шредера	4
4	Моделювання реверберації. Фільтри Мурера	4
5	Моделювання реверберації. Фільтри Гарднера	4
6	Моделювання реверберації. Фільтри Датторро	4
7	Побудова обвідної імпульсної характеристики приміщення за методом Шредера – переваги і недоліки	4
8	Ранні відбиття звуку в приміщенні та їх роль у підвищенні розбірливості мови	4
	Разом:	32

8. Індивідуальні завдання

В кредитному модулі заплановано виконання розрахунково-графічної роботи (РГР) на тему «Розрахунок і дослідження цифрових фільтрів засобами Matlab». Мета роботи полягає в кращому засвоєнні теоретичних знань та здобуття практичних навичок з розрахунку нерекурсивних та рекурсивних фільтрів аналітичними методами та за допомогою ПЕОМ. Тематика РГР додається до РНП (Додаток А).

9. Контрольні роботи

В кредитному модулі заплановано дві модульні контрольні роботи з розділів 1-2. Контрольні завдання додаються до РНП (Додатки Б та В)

10. Рейтингова система оцінювання результатів навчання

Перелік контрольних заходів та їхні вагові бали, критерії оцінювання результатів навчання та умови допуску до семестрової атестації надано у вигляді Додатку Г до РНП.

11. Методичні рекомендації

Методика вивчення дисципліни потребує використання сучасних апаратних і програмних засобів, що пов'язано із сучасним станом обробки акустичних сигналів, що виконується в значній мірі із застосування цифрової техніки. Що стосовно апаратної складової, то в першу чергу слід використовувати комп'юти із сучасними версіями ОС. Слід приділити увагу наявності сучасних версій програм Matlab. Лабораторні роботи повинні виконуватися в класі, які обладнано таким комп'ютерами та програмами.

Найбільш поширеним програмним засобом, що буде використовуватися в роботі, є Matlab. Тому слід звернути увагу на особливості обробки звукових даних (особливо етапи вводу-виводу сигналів в ПК) в останніх версіях Matlab.

Ресурси Matlab у вигляді m-файлів досить широко представлено в Інтернеті, що значно полегшує їх використання та розробку на їх основі нових програм

Для більш зручної роботи студентів робочі матеріали та методичні вказівки надаються в електронному вигляді, що робить можливим навчання ще й у дистанційній формі (ресурс Moodle).

12. Рекомендована література

12.1. Базова

1. Дідковський В.С., Дідковська М.В., Продеус А.М. Комп'ютерна обробка акустичних сигналів. – К.: ТОВ «Імекс-ЛТД», 2010. – 430 с.
2. Шрюфер Е. Цифрова обробка сигналів, (переклад з німецької), видавництво "Либідь", 1992.
3. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов. – СПб.: Питер, 2002. -608с.
4. Рабинер Л., Гоулд Б. Теория и применение цифровой обработки сигналов. – М., «Мир», 1978.
5. Zolzer U. DAFX: Digital Acoustic Effects. - John Wiley & Sons, 2011. – 614 p.

12.2. Допоміжна

6. Крамер Г. Математические методы статистики. / Пер. с англ.; Под ред. А.Н. Колмогорова. — М.: Мир, 1975. — 648 с.
7. Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники, тт.І, ІІ. – М., «Сов.радио», 1966,1968гг.
8. Пугачев В.С. Теория случайных функций и ее применение. – М., Физматгиз,1962.
9. Тихонов В.И. Статистическая радиотехника. – М., «Сов.радио»,1966.
10. Лившиц Н.А., Пугачев В.Н. Вероятностный анализ систем автоматического управления. Часть ІІ. Нелинейные системы. Системы дискретного действия.– М., «Сов.радио», 1963.
11. Абакумов В.Г., Геранін В.О., Рибін О.І., Сватош Й., Синєкоп Ю.С. Біомедичні сигнали та їх обробка. – К., ТОО “ВЕК+”, 1997.

13. Інформаційні ресурси

1. Продеус А.М. Комп'ютерна обробка акустичних сигналів. [Електронний ресурс]. – Режим доступа до ресурсу : <http://aprodeus.narod.ru/teaching.htm>
2. Рабинер Л., Гоулд Б. Теория и применение цифровой обработки сигналов. – М., «Мир», 1978: http://www.rphf.spbstu.ru/dsp/lib/Rabiner_Gold_1975.pdf
3. Система дистанційного навчання Moodle: <http://moodle.ipk.kpi.ua/moodle/course/view.php?id=745>
4. Расчет цифровых фильтров по фильтрам непрерывного времени: <https://studfiles.net/preview/2264215/page:48/>
5. Введение в цифровые фильтры: http://edu.alnam.ru/book_adf.php?id=93
6. J.D.Rizo Barbosa, “Reverberation: Combolution & Algorithms. The University of Sydney. [Електронний ресурс]. – Режим доступа до ресурсу: https://ses.library.usyd.edu.au/bitstream/2123/8436/2/FinalTechnologyReview_DarioRizo.pdf
7. Преобразование Фурье, Гильберта и другие интегральные преобразования: http://stu.scask.ru/book_fts.php?id=17
8. Васильев М.М. Методы обработки сигналов. Учебное пособие, Ульяновск, 2001. http://tk.ulstu.ru/lib/books/method_os_1.pdf
9. Антипин А. Цифровая обработка сигналов в Matlab и Simulink. https://matlab.ru/Presentations/DSPs_Novosib.pdf
10. Сергиенко А.Б. Communications Toolbox – обработка сигналов и изображений: <http://matlab.exponenta.ru/communication/index.php>
11. Сергиенко А.Б. Signal Processing Toolbox - Обработка сигналов и изображений: <http://matlab.exponenta.ru/signalprocess/index.php>
12. Черных И.В. Simulink: <http://matlab.exponenta.ru/simulink/default.php>

Технічне завдання на виконання розрахунково-графічної роботи в пакеті Matlab РОЗРАХУНОК І ДОСЛІДЖЕННЯ ЦИФРОВИХ ФІЛЬТРІВ ЗАСОБАМИ MATLAB

1. Розрахунок і дослідження нерекурсивних фільтрів

Перелік розв'язуваних завдань:

- 1) розрахунок і дослідження НЧ-Фільтрів;
- 2) розрахунок і дослідження смугового фільтра.

Порядок виконання роботи:

1. Вибрати з таблиці 1 свій варіант параметрів синтезованого фільтра ФНЧ₁.
2. Вручну, тобто без комп'ютера:
 - 1) розрахувати коефіцієнти фільтра a_k ;
 - 2) записати рівняння фільтра;
 - 3) записати аналітичне вираження для комплексної частотної $\tilde{H}_o(\omega)$, амплітудно-частотної $H_o(\omega)$ й фазо-частотної характеристик $\varphi_o(\omega)$ фільтра.
3. За допомогою програми Matlab обчислити коефіцієнти нерекурсивного фільтра нижніх частот. Зіставити (у табличній формі) розрахункові й обчислені за допомогою програми Matlab коефіцієнти фільтра, побудувати графіки імпульсного відгуку, АЧХ і ФЧХ фільтра.
4. Повторити дії по пп. 1-3 для іншого фільтра - ФНЧ₂.
5. За результатами розрахунку ФНЧ₁ і ФНЧ₂ розрахувати (без комп'ютера) коефіцієнти смугового фільтра із частотами зрізу f_{c1} і f_{c2} ($f_{c1} < f_{c2}$).
6. За допомогою програми Matlab зробити розрахунок коефіцієнтів цього ж смугового цифрового фільтра й побудувати графіки його імпульсної й частотної характеристик. Зіставити (у табличній формі) розрахункові й обчислені за допомогою програми Matlab коефіцієнти смугового фільтра.
7. Синтезувати вхідний сигнал у вигляді адитивної суміші гармонійного сигналу із шумом. Частота гармонійного сигналу $f_0 = (f_{c1} + f_{c2})/2$, амплітуда $A=1$, тривалість $T = 10/f_0$. Шум - з нормальним розподілом, нульовим середнім значенням і одиничним стандартним відхиленням.
8. Зробити фільтрацію суміші сигналу із шумом розрахованим смуговим фільтром. Побудувати графіки суміші й результату фільтрації.
9. Згенерувати й профільтрувати (розрахованим смуговим фільтром) сигнал у вигляді послідовності знакододатніх прямокутних імпульсів амплітудою $A=1$, тривалістю $T = 10/f_0$, що впливають із частотою $f_0 = (f_{c1} + f_{c2})/2$. **Примітка: згенерований сигнал не підсумувати із шумом!** Відносна тривалість імпульсів $\tau_0 = 0.3$. Побудувати графіки сигналу й результату фільтрації.

Пояснити отримані результати (привести графіки, рівняння фільтрів, аналітичні вираження частотних характеристик фільтрів).

2. Розрахунок і дослідження рекурсивних фільтрів

Перелік розв'язуваних завдань:

- 3) розрахунок і дослідження НЧ-Фільтрів Баттерворта 2-го порядку;
- 4) розрахунок і дослідження смугового фільтра Баттерворта 2-го порядку;

Порядок виконання роботи:

1. Зробити розрахунок ФНЧ₁, ФНЧ₂ і смугового рекурсивних фільтрів по тим же вихідним даним, що й для нерекурсивних фільтрів (тобто частоти зрізу й частоту дискретизації брати з таблиці 1), з тими лише відмінностями, що:

- 1) для всіх варіантів приймати порядок фільтра $N=2$;
 - 2) тип фільтра вибирати у всіх випадках однакової - Баттерворта;
 - 3) ручний розрахунок коефіцієнтів фільтра a_k й b_k не робити;
 - 4) синтез фільтрів робити тільки за допомогою програми Matlab – за результатами синтезу записати рівняння фільтра й аналітичне вираження для комплексної частотної характеристики, а також побудувати графіки для ИПХ, АЧХ і ФЧХ всіх синтезованих фільтрів;
 - 5) зробити фільтрацію сигналів смуговим фільтром за допомогою програми Matlab (Примітка: роблячи фільтрацію, як вхідні сигнали використовуйте ті ж сигнали, що й для нерекурсивного фільтра – це дозволить зрівняти результати фільтрації рекурсивним і нерекурсивним фільтрами при тих самих вхідних даних).
2. Пояснити отримані результати (графіки, рівняння фільтрів, аналітичні вираження частотних характеристик фільтрів).
 3. Відповісти на контрольні питання (див. нижче). Зробити висновки по роботі в цілому (виявите тут, як мінімум, розуміння того, що ви проробили, а також - самостійність мислення).

Контрольні питання:

1. Що називається нерекурсивним цифровим фільтром ?
2. У чому полягає принципова відмінність рекурсивних цифрових фільтрів від нерекурсивних ?
3. Як визначають порядок нерекурсивного й рекурсивного ЦФ ?
4. Чим обумовлена затримка вихідного сигналу в нерекурсивному ЦФ ? Як уникнути подібної затримки?
5. Чому НЦФ називають фільтром з кінцевою імпульсною характеристикою (КИХ- або FIR- фільтром ?)
6. Що називається відносною частотою зрізу ?
7. Що називається всестотним фільтром ?
8. Як впливає порядок фільтра на його характеристики (крутість підйому або спаду АЧХ, величину пульсацій)?

Завдання до модульної контрольної роботи №1

Надається 8 варіантів МКР №1. Як приклад, наведено нижче один із них (варіант 1), що містить умови задачі на запитання, на які має відповісти студент.

Завдання 1

Частотна характеристика фільтра має вигляд:

$$H_{\omega}(\omega) = \frac{T_{\omega} e^{-j\omega T_{\omega}}}{1 - e^{-j\omega T_{\omega}}}$$

1. Побудуйте графік АЧХ даного фільтра.
2. Запишіть рівняння фільтра.
3. Якого порядку цей фільтр?
4. Це рекурсивний чи нерекурсивний ф-тр?
5. Для чого можна використати цей фільтр?

Завдання до модульної контрольної роботи №2

Надається 8 варіантів МКР №2. Один із них (варіант 1) наведено нижче – він містить умови задачі на запитання, на які має відповісти студент.

Завдання 1

Після введення в комп'ютер, за допомогою звукової плати, реалізації стаціонарного випадкового процесу $X(t)$, був сформований масив $x_i, i = 1, 2, \dots, 10$, із десяти вибіркового значень цієї реалізації (див. таблицю).

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
x_i	0.1	0.3	0.9	-0.1	0	-0.7	0.5	-0.2	-0.3	0.8

- 1) Оцініть математичне очікування процесу $X(t)$.
- 2) За результатами оцінювання математичного очікування процесу $X(t)$ зробіть висновок про наявність постійної складової в процесі $X(t)$.
- 3) Оцініть (незміщену та зміщену оцінки) дисперсію процесу $X(t)$.

Елементи рейтингової системи оцінки (PCO) успішності навчання

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

- 1) розрахунково-графічну роботу (враховуються якість, термін виконання та захист);
- 2) роботу на лекціях та практичних заняттях (враховуються наявність та якість конспектів, активність на заняттях, відвідування занять);
- 3) роботу на комп'ютерних практикумах (враховуються якість та вчасність захисту);
- 4) дві МКР у вигляді двох 20-хвилинних комп'ютерних тестів;
- 5) відповідь на екзамені.

Система рейтингових балів

1. Практичні заняття.

За умови гарної підготовки і активної роботи на практичному занятті – 1 бал. Одному або двом кращим студентам на кожному практичному занятті може додаватися як заохочування 1 бал.

2. Модульна контрольна робота.

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 10-11 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 8-9 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 6-7 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на «задовільно») – 0 балів.

3. Розрахунково-графічна робота (окремо оцінюються звіт по роботі та захист роботи).

- «відмінно», виконані всі вимоги до роботи – 23-25 балів;
- «добре», виконані майже всі вимоги до роботи, або є несуттєві помилки – 19-22 балів;
- «задовільно», є недоліки щодо виконання вимог до роботи і певні помилки – 15-18 балів;
- «незадовільно», не відповідає вимогам до «задовільно» – 0 балів.

Штрафні та заохочувальні бали за:

- відсутність на практичному занятті без поважної причини..... (-1) бал;
- активність на практичному занятті..... (+1) бал;
- участь у факультетській олімпіаді з дисципліни, модернізації практичних занять, виконання завдань із удосконалення дидактичних матеріалів з дисципліни надається від +5 до +10 заохочувальних балів.

Максимальна сума балів стартової складової дорівнює 50. Необхідною умовою допуску до екзамену є зарахування розрахунково-графічної роботи, виконання усіх комп'ютерних практикумів і стартовий рейтинг не менше 25 балів.

На екзамені студенти виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить два теоретичних питання і одне практичне. Перелік питань наведений у методичних рекомендаціях до засвоєння кредитного модуля. Кожне теоретичне питання оцінюється у 15 балів, а практичне – 20 балів.

Система оцінювання теоретичних питань:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 15-14 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності) – 13-11 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 10-9 балів;

– «незадовільно», незадовільна відповідь – 0 балів.

Система оцінювання практичного запитання:

– «відмінно», повне безпомилкове розв'язування завдання – 20-18 балів;

– «добре», повне розв'язування завдання з несуттєвими неточностями – 17-15 балів;

– «задовільно», завдання виконане з певними недоліками – 14-12 балів;

– «незадовільно», завдання не виконано – 0 балів.

Сума стартових балів і балів за екзаменаційну контрольну роботу переводиться до екзаменаційної оцінки згідно з таблицею:

Бали $R = r_C + r_E$	ECTS-оцінка	Екзаменаційна оцінка
95-100	A	відмінно
85-94	B	добре
75-84	C	
65-74	D	задовільно
60-64	E	
Менше 60	F _x	незадовільно
Не зараховано розрахункову роботу, або є не зараховані лабораторні роботи, або $r_C < 25$	F	не допущено

Програму склав професор кафедри
акустичних та мультимедійних електронних систем,
д.т.н., проф.

Аркадій Продеус