

Учебная программа

Дисциплины «Цифровая обработка сигналов»

специализация «Помехоустойчивость и электромагнитная совместимость информационных систем»

Автор программы Кривошеев В.И.

Содержание разделов дисциплины

1. Введение

- 1.1. Цифровая обработка сигналов (ЦОС) и ее особенности. Сравнительные преимущества и недостатки цифровой и аналоговой обработок.
- 1.2. Примеры ЦОС. Состояние и перспективы ЦОС.

2. Дискретные сигналы и системы

- 2.1. Классификация сигналов и систем.
- 2.2. Дискретные сигналы и их описание.
- 2.3. Дискретные линейные системы и их характеристики.
- 2.4. Представление дискретных сигналов и систем в частотной области. Дискретное во времени преобразование Фурье (ДВПФ).
- 2.5. Дискретизация аналоговых сигналов.
 - 2.5.1. Дискретизация видеосигналов.
 - 2.5.2. Дискретизация радиосигналов. Квадратурное разложение, косвенная и прямая дискретизации.
- 2.6. Частотно-временные деформации дискретного сигнала.
 - 2.6.1. Уменьшение частоты дискретизации (децимация, прореживание).
 - 2.6.2. Увеличение частоты дискретизации (интерполирование).
- 2.7. Z-преобразование и его связь с ДВПФ.
 - 2.7.1. Свойства Z-преобразования.
 - 2.7.2. Применение для анализа дискретных линейных систем. Передаточная (системная) функция.
- 2.8. Дискретный ряд Фурье (ДРФ), дискретное преобразование Фурье (ДПФ).
 - 2.8.1. Свойства ДПФ.
 - 2.8.2. Циклическая свертка и ее связь с ДРФ.
 - 2.8.3. Линейная свертка и ее реализация с помощью ДПФ.

3. Анализ и проектирование цифровых фильтров (ЦФ).

- 3.1. Частотные и временные характеристики цифровых фильтров. КИХ и БИХ - фильтры.
- 3.2. Простейшие КИХ и БИХ - фильтры 1-го и 2-го порядков и их применения.
- 3.3. Основные структурные схемы ЦФ.
 - 3.3.1. Прямая и каноническая структуры.
 - 3.3.2. Каскадная и параллельная структуры.
 - 3.3.3. Программирование БИХ-фильтра 2-го порядка.
 - 3.3.4. Особенности реализации КИХ-фильтров.
 - 3.3.5. Эффекты квантования параметров ЦФ.
- 3.4. Расчет цифровых БИХ-фильтров по данным аналоговых фильтров.
 - 3.4.1. Методы инвариантности импульсной характеристики и билинейного преобразования.
 - 3.4.2. Проектирование стандартных БИХ-фильтров методом билинейного преобразования.
 - 3.4.3. Машинное проектирование БИХ-фильтров.
- 3.5. КИХ-фильтры с линейной фазо-частотной характеристикой, виды их и свойства.
- 3.6. Проектирование КИХ-фильтров с линейной ФЧХ.
 - 3.6.1. Метод взвешивания.

- 3.6.2. Метод частотной выборки.
- 3.6.3. Метод чебышевской оптимизации.

4. Цифровой спектральный анализ (ЦСА).

- 4.1. ЦСА на основе ДПФ, связь ЦСА с цифровой фильтрацией.
- 4.2. Основные характеристики ЦСА, управление параметрами ЦСА.
- 4.3. Быстрое преобразование Фурье (БПФ).
 - 4.3.1. Алгоритм прореживания по времени и его программная реализация.
 - 4.3.2. Алгоритм прореживания по частоте и его программная реализация.
- 4.4. Спектральный анализ случайных сигналов.
- 4.5. Коррелограммный и периодограммный методы оценивания энергетического спектра.
- 4.6. Обзор современных методов ЦСА высокого разрешения.

Рекомендуемая литература:

а) основная литература:

1. Рабинер Л., Гоулд Б. Теория и применение цифровой обработки сигналов. М., Мир, 1978.
2. Оппенгейм А., Шафер Р. Цифровая обработка сигналов. М., Связь, 1979.
3. Пелед А., Лиу Б. Цифровая обработка сигналов. Киев, Вища Школа, 1979.
4. Кривошеев В.И. Цифровая обработка сигналов: Учебное пособие. – Н.Новгород: Изд-во Нижегородского университета., 2006.
5. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов: Учебное пособие для вузов. СПб., Питер, 2002.
6. Основы цифровой обработки сигналов: Курс лекций / Авторы: А.И.Солонина, Д.А.Улахович, С.М.Арбузов, Е.Б.Соловьева, И.И.Гук. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003.
7. Каппелини В., Константи́нидис А., Эмилиани П. Цифровые фильтры и их применение. М., Радио и Связь, 1983
8. Антонию А. Цифровые фильтры: анализ и проектирование. М., Радио и Связь , 1983.
9. Гольденберг Л.М. , Матюшкин В.Д. , Поляк М.Н. Цифровая обработка сигналов. М., Радио и Связь, 1990.
10. Марпл-мл. С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения. М., Мир, 1990.
11. Кривошеев В.И. Синтез цифровых КИХ- фильтров по методу взвешивания. Методические указания к лабораторной работе. ННГУ, 1991.
12. Кривошеев В.И. Синтез цифровых КИХ- фильтров по методу частотной выборки. Методические указания к лабораторной работе. ННГУ, 1991.
13. Кривошеев В.И. Синтез оптимальных цифровых КИХ-фильтров с минимаксной ошибкой. Методические указания к лабораторной работе. ННГУ, 1991.
14. Кривошеев В.И. Синтез цифровых БИХ- фильтров методом билинейного преобразования. Методические указания к лабораторной работе. ННГУ, 1991.
15. Кривошеев В.И. Цифровой спектральный анализ: Периодограммный и коррелограммный методы. Методические указания к лабораторной работе. ННГУ, 2005.
16. Кривошеев В.И. Цифровой спектральный анализ: Авторегрессионное оценивание спектров. Практикум. ННГУ, 2010.

б) дополнительная литература:

1. Карташев В.Г. Основы теории дискретных сигналов и цифровых фильтров. М., Высшая школа, 1982.
2. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник для вузов. М., Радио и связь, 1986.
3. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник для вузов. М., Высшая школа, 1988.
4. Цифровые фильтры в электротехнике и радиотехнике. Под ред. Л.М.Гольденберга . М., Радио и связь, 1982.
5. Применение цифровой обработки сигналов. Под ред. Оппенгейма А. М., Мир, 1980.
6. Сверхбольшие интегральные схемы и современная обработка сигналов. Под ред. Гуна С. и др. М., 1989.
7. Даджион Д. , Мерсеро Р. Цифровая обработка многомерных сигналов. М., Мир, 1988.

8. Блейхут Р. Быстрые алгоритмы цифровой обработки сигналов. М., Мир, 1989.
9. Аналоговые и цифровые интегральные схемы. Под ред. С.В.Якубовского. М., Радио и связь, 1985
10. Бендат Д., Пирсол А. Прикладной анализ случайных данных. М., Мир, 1989.
11. Дженкинс Г.М., Ваттс Д.Г. Спектральный анализ и его приложения. Вып.1,2. М., Мир, 1971, 1972.
12. Кей С.М., Марпл-мл. С.Л. Современные методы спектрального анализа. Обзор. ТИИЭР, т. 69, №1, 1981.
13. Шахтарин Б.И., Ковригин В.А. Методы спектрального оценивания случайных процессов: Учебное пособие. –М.: Гелиос АРВ, 2005.
14. Шахтарин Б.И. Случайные процессы в радиотехнике. 3-е изд., перераб. Т.1. Линейные преобразования. –М.: Гелиос АРВ, 2006.
15. Бокс Дж., Дженкинс Г. Анализ временных рядов. Прогноз и управление. М., Мир, 1974.
16. Отнес Р., Эноксон Л. Прикладной анализ временных рядов. М., Мир, 1982.
17. Хэррис Ф. Использование окон при гармоническом анализе методом ДПФ. ТИИЭР, т.66, N1, 1978.
18. Федорков Б.Г., Телец В.А., Дегтяренко В.П. Микроэлектронные цифро-аналоговые и аналого-цифровые преобразователи. М., Радио и связь, 1984
19. Кривошеев В.И. Цифровой спектральный анализ: спектральное оценивание на основе моделей авторегрессии-скользящего среднего. Методические указания к лабораторной работе. ННГУ, 1996.
20. Кривошеев В.И. Цифровой спектральный анализ: метод Прони. Методические указания к лабораторной работе. ННГУ, 1996.
21. Кривошеев В.И. Цифровой спектральный анализ: методы оценивания частоты на основе анализа собственных значений. Методические указания к лабораторной работе. ННГУ, 1999.

Вопросы для контроля

1. Введение
 - Достоинства и недостатки аналоговой обработки.
 - Достоинства и недостатки цифровой обработки.
2. Дискретные сигналы и системы
 - По каким признакам осуществляется классификация сигналов и систем?
 - Приведите примеры дискретных во времени сигналов.
 - Дайте определение понятия “ дискретная линейная система с постоянными параметрами (ЛПП-система)”.
 - Что такое импульсная характеристика ЛПП-системы?
 - Каково соотношение, определяющее выходной отклик ЛПП-системы на произвольный входной сигнал?
 - Каковы условия устойчивости и физической реализуемости ЛПП-системы?
 - Что такое частотная характеристика ЛПП-системы?
 - Определите понятие “спектральная характеристика “ дискретного сигнала.
 - Сформулируйте условия дискретизации во времени аналогового видеосигнала.
 - Как дискретизовать во времени узкополосный аналоговый радиосигнал?
 - Поясните процедуру квадратурного разложения узкополосного радиосигнала.
 - Как выполняется процедура уменьшения частоты дискретизации дискретного сигнала?
 - Как реализовать процедуру увеличения частоты дискретизации дискретного сигнала?
 - Что такое Z-преобразование?
 - Перечислите свойства Z-преобразования.
 - Что такое передаточная (системная) функция ЛПП- системы?
 - Напишите дискретный ряд Фурье.
 - Что такое ДПФ?
 - Каковы свойства ДПФ?
 - Что такое циклическая и линейная свертки?

- Как вычисляется “быстрая” линейная свертка?

3. Анализ и проектирование ЦФ

- Что такое КИХ и БИХ-фильтры?
- Приведите пример КИХ-фильтра 1-го порядка.
- Приведите пример БИХ-фильтра 1-го порядка.
- Что такое прямая и каноническая структуры ЦФ?
- Что такое каскадная и параллельная структуры ЦФ?
- Каковы особенности реализации структур КИХ-фильтров?
- Каковы эффекты квантования параметров ЦФ?
- Напишите программу реализации БИХ-фильтра 2-го порядка?
- В чем сущность метода билинейного преобразования?
- Что такое метод инвариантности импульсной характеристики?
- Как проектируются БИХ-фильтры стандартных типов: ФНЧ, ФВЧ, ФПН, ФПВ ?
- Когда необходимо машинное проектирование БИХ-фильтров?
- Каковы условия линейности ФЧХ КИХ-фильтра?
- Каковы разновидности КИХ-фильтров с линейной ФЧХ и их частотные характеристики?
- В чем сущность метода взвешивания?
- В чем сущность метода частотной выборки?
- Поясните идею метода чебышевской оптимизации при проектировании КИХ-фильтра?

4. Цифровой спектральный анализ (ЦСА)

- Какова связь между ЦСА и ЦФ?
- Каковы основные характеристики ЦСА на основе ДПФ?
- Как управляют параметрами ЦСА?
- В чем сущность быстрых алгоритмов вычисления ДПФ?
- Как реализуется БПФ с прореживанием по времени?
- Как реализуется БПФ с прореживанием по частоте?
- В чем сущность коррелограммного и периодограммного методов оценки энергетического спектра?
- Что такое модель авторегрессии случайного процесса?
- Каковы авторегрессионные методы ЦСА и их характеристики частотно-временного разрешения?