

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе

Драгунов В.К.

« 16 » июня 2015 г.

Программа аспирантуры

Направление 11.06.01 Электроника, радиотехника и системы связи

Направленность (специальность) 05.12.04 Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины по выбору

«Цифровая обработка в радиоприемных устройствах»

Индекс дисциплины по учебному плану: Б1.В.ДВ.2.1

Всего: 108 часов

Семестр 3, в том числе

6 часов – контактная работа,
84 часов – самостоятельная работа,
18 часов – контроль

Программа составлена на основе федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 11.06.01 Электроника, радиотехника и системы связи, утвержденного приказом Минобрнауки России от 30 июля 2014 г. № 876 и паспорта специальности 05.12.04 Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения, номенклатуры специальностей научных работников, утвержденной приказом Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. № 59.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью изучения дисциплины является обеспечение углубленной подготовки студентов в области разработки алгоритмов цифровой обработки сигналов и их применения в радиоприемных устройствах.

Задачами дисциплины являются:

- изучение методов анализа дискретных сигналов, а также законов преобразования сигналов в дискретных и цифровых системах;
- формирование навыков проведения расчетов, связанных с анализом дискретных и цифровых комплексных сигналов и систем;
- приобретение навыков компьютерного моделирования базовых алгоритмов дискретной и цифровой обработки сигналов.

Компетенции формируемые у аспиранта при изучении дисциплины следующие:

УК-1 – Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;

ОПК-2 – владение культурой научного исследования, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий;

ОПК-3 – способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной профессиональной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности;

ПК-12 – способность к теоретическому решению задач синтеза и анализа радиоэлектронных устройств и их исследования методами моделирования

ПК-14 – способность к синтезу и анализу новых типов сигналов с различными видами модуляции.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

знать:

- базовые цифровые процедуры обработки сигналов в РПУ: фильтрация, перенос спектра, демодуляция, спектральный анализ, корреляция и свертка (УК-1);
- реализацию базовых цифровых процедур обработки сигналов в РПУ с помощью ДПФ (ОПК-2) ;
- методы расчета методов расчета комплексных полосовых и режекторных фильтров (ОПК-3).

уметь:

- разрабатывать вещественные КИХ и БИХ-фильтры (ПК-12) ;
- разрабатывать алгоритмы формирования радиосигналов с помощью цифровых фильтров (ПК-14).

владеть:

- навыками разработки и схемотехнического моделирования базовых цифровых процедур обработки сигналов (ПК-12).

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

Общие сведения о цифровой обработке сигналов (ЦОС) в радиоприемных устройствах (15 ч.)

Дискретизация и квантование. Типы и основные параметры аналого-цифровых преобразователей (АЦП). Спектры дискретных сигналов, в том числе и периодических. Дискретизация узкополосных сигналов. Перенос спектра дискретного сигнала. Структурные схемы цифровых РПУ. Дискретизация сигнала промежуточной частоты. Дискретизация комплексной огибающей. Способы получения квадратурных составляющих сигнала. Выборка с запасом по частоте при аналого-цифровом преобразовании. Выборка с запасом по частоте при цифро-аналоговом преобразовании. Ограничения цифровой обработки сигналов в реальном времени. Базовые цифровые процедуры обработки сигналов в РПУ: фильтрация, перенос спектра, демодуляция, спектральный анализ, корреляция и свертка.

Дискретное преобразование Фурье (ДПФ) (6 ч.)

Разрешающая способность ДПФ, дополнение нулями и дискретизация в частотной области. ДПФ вещественного и комплексного сигнала. Оконные функции. Быстрое преобразование Фурье. Связь БПФ и ДПФ. Реализация базовых цифровых процедур обработки сигналов в РПУ с помощью ДПФ.

Цифровая фильтрация (18 ч.)

Фильтры с импульсной характеристикой конечной длины (КИХ-фильтры). Свертка в КИХ-фильтрах. Методы расчета КИХ-фильтров. Фазо-частотная характеристика КИХ фильтров. Полуполосные КИХ-фильтры. Фильтры с импульсной характеристикой бесконечной длины (БИХ-фильтры). Метод обобщенного билинейного преобразования. Цифровые фильтры на идентичных звеньях. Структурированные НЧ-прототипы. Фильтры на основе частотной выборки. Дискретное преобразование Гильберта.

Комплексные сигналы и фильтры (15 ч.)

Комплексные сигналы. Спектры комплексных сигналов. Определение текущего значения модуля и фазы комплексного сигнала. Комплексные фильтры. Смещение частотных характеристик цифровых фильтров. Методы расчета комплексных полосовых и режекторных БИХ фильтров. Методы расчета комплексных КИХ-фильтров. Амплитуда, фаза и частота комплексного цифрового сигнала. Цифровые демодуляторы.

Многоскоростная обработка сигналов (15 ч.)

Прореживание и интерполяция. Изменение частоты дискретизации в дробное число раз. Полифазные фильтры. Каскадные интеграторы-гребенчатые фильтры. Узкополосная цифровая фильтрация с обработкой на нескольких скоростях.

Универсальные и специализированные процессоры ЦОС (15 ч.)

Архитектуры процессоров. Гарвардская архитектура. Конвейерная обработка. Аппаратный умножитель-накопитель. Встроенная память. Процессоры с фиксированной запятой. Процессоры с плавающей запятой. Аппаратные цифровые фильтры. Аппаратные процессоры БПФ.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАЗОВАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины:

3 семестр – дифференцированный зачет

Вопросы для самоконтроля

1. Какие основные операции выполняет АЦП?
2. Зачем необходимо ограничивать полосу спектральной плотности входного сигнала перед подачей на АЦП?
3. Какие соотношения связывают единичный импульс и единичный скачок?
4. Как представить дискретную последовательность $x(n) = \{1, 2, 3, 4\}$ в виде взвешенной суммы δ -импульсов?
5. Как записать Z – форму дискретной последовательности $x(n) = \{1, 2, 3, 4\}$?
6. Как записать Z – форму дискретной последовательности $x(n) = \{1, 2, 3, 4\}$, задержанной на два тактовых интервала?

7. Какой вид имеет модуль спектра последовательности $x(n) = \{1, 2\}$?
8. Каковы особенности спектров дискретных сигналов?
9. Как надо преобразовать дискретный сигнал, чтобы его спектр был смещен вправо по оси частот " ω " на величину γ ?
10. Как следует преобразовать дискретный сигнал, чтобы произошла инверсия спектра?
11. Какие соотношения связывают передаточную функцию и импульсную характеристику цифрового фильтра?
12. Какие соотношения связывают импульсную и переходную характеристики цифрового фильтра?
13. Каковы различия передаточных функций рекурсивных и нерекурсивных цифровых фильтров?
14. Как определить координаты нулей и полюсов по передаточной функции?
15. Как найти АЧХ и ФЧХ цифрового фильтра, если известны координаты нулей и полюсов?
16. Как составить разностные уравнения, если известна структурная схема цифрового фильтра?
17. Из каких этапов состоит процедура расчета цифрового фильтра на идентичных звеньях?
18. С чем связана проблема реализуемости цифрового фильтра на идентичных звеньях?
19. Каким требованиям должна удовлетворять передаточная функция базового цифрового звена для обеспечения реализуемости?
20. Какой основной недостаток у метода комбинирования способов численного интегрирования?
21. Каким должен быть НЧ - прототип базового звена в методе обобщенного билинейного преобразования для обеспечения реализуемости?
22. Как обеспечивается реализуемость в методе дополнительного звена?
23. Как изменяется АЧХ при каскадировании идентичных цифровых фильтров?
24. Как записать Z - форму комплексной дискретной последовательности

$$\underline{x}(n) = \{1 + j, 2 + j3, 3 + j4\}?$$

25. Как связаны вещественная и мнимая составляющие аналитического сигнала?
26. Что такое аналитический фильтр?
27. Как комплексный цифровой фильтр преобразует вещественный сигнал?
28. Как комплексный цифровой фильтр преобразует комплексный сигнал?
29. Какие показатели степени аналитичности комплексных цифровых фильтров Вы знаете?
30. В чем состоит идея использования смещения частотных характеристик цифровых ФНЧ для получения передаточной функции комплексного цифрового полосового фильтра?
31. Зачем при расчете комплексных КИХ фильтров используют оконные функции?
32. Как рассчитать комплексный фильтр не использующий операцию умножения?

Вопросы, включенные в билеты для проведения зачетов

1. Единичный импульс и единичный скачок. Связь между ними. Связь между импульсной и переходной характеристикой.
2. Мгновенные амплитуда и фаза комплексного сигнала.
3. Цифровая обработка комплексных сигналов. Суммирование, умножение на вещественную или комплексную константу, задержка, перемножение.
4. Проектирование цифровых ППФ и ПЗФ с использованием метода смещения частотных характеристик.
5. Прохождение вещественных и комплексных сигналов через комплексные фильтры.
6. Прямое и обратное ДПФ. Матрица преобразования.
7. Цифровые фильтры на идентичных звеньях. Обеспечение реализуемости.

8. Однородные цифровые фильтры. Каскадирование однородных фильтров.
9. ППФ без операций умножения.
10. Метод комплексной задержки.
11. Комплексные ППФ на идентичных звеньях.
12. Расчет цифровых фильтров методом ОБП.
13. Интерполяция. Структурная схема КИХ- фильтра интерполятора.
14. Децимация. Структурная схема КИХ-фильтра дециматора.
15. Изменение частоты дискретизации в дробное число раз.
16. Аналитические фильтры. Показатели близости фильтра к аналитическому.
17. Полифазная реализации КИХ-фильтров дециматоров.
18. Полифазная реализация КИХ-фильтров интерполяторов.
19. Замечательные тождества.
20. Структурные схемы КИХ-фильтров с линейными ФЧХ

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная литература

1. Гребенко Ю.А. Однородные устройства обработки сигналов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2009. – 184с.
2. Гребенко Ю.А. Методы цифровой обработки сигналов в радиоприемных устройствах. Учебное пособие для вузов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2006. – 48с.
3. Сергиенко А. Б. Цифровая обработка сигналов: Учебное пособие по направлению «Радиотехника» — «БХВ – Петербург» , 2013. — 308 с.

Дополнительная литература

4. Лайонс Р. Цифровая обработка сигналов. Пер. с англ. – М: «Бином – Пресс», 2006. – 656с.

5. Айчифер Э.С., Джервис Б.У. Цифровая обработка сигналов: практический подход. Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 992с.