

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»**

УТВЕРЖДЕНО

**Директор физтех-школы
радиотехники и компьютерных
технологий**

А.В. Дворкович

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Методы обработки радиотехнических сигналов
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Радиотехника и компьютерные технологии Физтех-школа Радиотехники и Компьютерных Технологий кафедра радиотехники и систем управления
курс:	2
квалификация:	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 4 (весенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 75 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 45 час.

Самостоятельная работа: 105 час.

Всего часов: 180, всего зач. ед.: 4

Количество контрольных работ, заданий: 2

Программу составил: А.А. Григорьев, канд. техн. наук, доцент, доцент

Программа обсуждена на заседании кафедры радиотехники и систем управления 24.04.2020

Аннотация

Освоение методов линейной обработки сигналов

Осваиваются методы анализа и синтеза аналоговых и цифровых фильтров

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

Студенты знакомятся с основными методами аналоговой и цифровой обработки сигналов.

Задачи дисциплины

- научить студентов выбирать методы и средства, адекватные решаемой задаче, показать, как работает этот аппарат при решении конкретных научных и технических задач в области радиотехники;
- научить видеть тесную связь математического описания, с физической стороной рассматриваемого явления, научить составлять модели изучаемых процессов;
- приобретение студентами навыков работы с измерительными приборами.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя этапы ее решения, действия по решению задачи
	УК-1.2 Находит, критически анализирует и выбирает информацию, необходимую для решения поставленной задачи
	УК-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
	УК-1.4 Грамотно, логично, аргументированно формирует собственные суждения и оценки
	УК-1.5 Определяет и оценивает практические последствия возможных вариантов решения задачи
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
	ОПК-1.2 Способен строить математические модели, производить количественные расчеты и оценки
ОПК-4 Способен осуществлять сбор и обработку научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач	ОПК-4.1 Владеет методами научного поиска и интеллектуального анализа информации при решении задач профессиональной деятельности
	ОПК-4.4 Владеет навыками работы с компьютером и компьютерными сетями с целью получения, хранения и обработки научной (технической, технологической) информации
ПК-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов	ПК-4.1 Знает численные порядки величин, характерных для соответствующей профессиональной области
	ПК-4.3 Способен обосновать причинно-следственные отношения используемых понятий и моделей

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

основные методы анализа и синтеза аналоговых и цифровых фильтров.

уметь:

выбирать математический аппарат, адекватный решаемой задаче

конструировать аналоговые и цифровые фильтры для различных приложений

владеть:

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Основы теории фильтрации	4			12
2	Лестничные фильтры	6		9	15
3	Операционные усилители	4		9	15
4	Активные фильтры	4		12	16
5	Теория дискретизации	3			9
6	Спектры дискретизованных сигналов	3		9	12
7	Быстрое преобразование Фурье	2			16
8	Цифровая фильтрация	4		6	10
Итого часов		30		45	105
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		180 час., 4 зач.ед.			

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 4 (Весенний)

1. Основы теории фильтрации

Методы аппроксимации. Фильтры Чебышева, Баттерворта, эллиптические. Преобразования фильтров

2. Лестничные фильтры

Бездиссипативные фильтры. Их синтез лестничными структурами.

3. Операционные усилители

Петли обратной связи. Операционный усилители. Принцип виртуального замыкания. Масштабные усилители.

4. Активные фильтры

Принципы построения активных фильтров. Схемы реализации звенов второго порядка.

5. Теория дискретизации

Дискретизация аналоговых сигналов. Условия обратимости. Теорема Котельникова

6. Спектры дискретизованных сигналов

Спектральная теория дискретизованных сигналов. z-преобразование.

7. Быстрое преобразование Фурье

Дискретное преобразование Фурье. Его использование в спектральном анализе.

Быстрые алгоритмы вычисления.

8. Цифровая фильтрация

Передаточная функция цифрового фильтра. Схемы реализации фильтров.

Синтез рекурсивных и нерекурсивных цифровых фильтров

5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Необходимое лабораторное оснащение

- 1) Информационно-измерительный комплекс на рабочем месте каждого студента, включающий компьютер, двухлучевой цифровой осциллограф и цифровой генератор сигналов, частотомер;
- 2) Сопрягаемые с компьютерными генератором и осциллографом макетные платы для собирания схем и работы с готовыми макетами;
- 3) Необходимые радиоэлектронные компоненты: резисторы, конденсаторы, транзисторы, интегральные схемы, кварцевые резонаторы, микропроцессоры, кабели, соединительные провода;
- 4) Лабораторный инструмент;

Необходимое оборудование для лекций и практических занятий:

- 1) Стандартная учебная аудитория;
- 2) Компьютер, беспроводной проектор, экран;

Необходимое программное обеспечение:

- Adobe Reader;
- Micro-Cap.

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Радиотехнические цепи и сигналы [Текст] : учеб. пособие для вузов / Ю. П. Озерский ; М-во образования и науки РФ, Моск. физ.-техн. ин-т (гос. ун-т) . — М. : Азбука-2000, 2007 .— 176 с.
2. Радиотехнические цепи и сигналы [Текст] : учебник для вузов / С. И. Баскаков .— 3-е изд., перераб. и доп. — М. : Высшая школа, 2000, 2005 .— 466 с.

Дополнительная литература

1. Полупроводниковая схемотехника [Текст] : в 2 т. Т. 1 / У. Титце, К. Шенк ; пер. с нем. Г. С. Карабашева .— М. : Додэка-XXI, 2008 .— 832 с.
2. Полупроводниковая схемотехника [Текст] : в 2 т. Т. 2 / У. Титце, К. Шенк ; пер. с нем. Г. С. Карабашева .— М. : Додэка-XXI, 2008 .— 942 с.
3. Основы радиотехники [Текст] : [учебное пособие для вузов] / Е. И. Манаев .— 4-е изд. / [учеб. изд.] .— М. : Книжный дом, 2013 .— 512 с.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Не используются

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Набор специальных учебных программ для Micro-Cap.

Учебные пособия, методические указания, описания лабораторных работ на бумажном носителе и в электронном виде в формате Word, PDF.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Студент, изучающий данный курс, должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике. Успешное освоение курса требует напряжённой самостоятельной работы студента. В программе курса приведено минимально необходимое время для работы студента над темой. Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение и конспектирование рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала (по конспектам лекций, учебной и научной литературе), подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения, доказательство отдельных утверждений, свойств;
- решение задач, предлагаемых студентам на лекциях;
- подготовку к лабораторным занятиям, контрольной работе, дифференцированному зачёту.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в форме индивидуальных консультаций.

Изучаемая дисциплина относится к техническим. Особенностью дисциплин этого рода является сложность их восприятия с нуля по литературным источникам в силу обилия плохо формализуемых представлений и правдоподобных рассуждений. Это обуславливает крайнюю актуальность слушания лекционного курса, в котором основные положения дисциплины преподносятся на принятом в инженерной практике техническом языке и расставляются акценты на наиболее существенные моменты. Слушание лекционного курса существенно облегчает чтение рекомендованной литературы.

Помимо формальных знаний освоение любой технической дисциплины связано с приобретением хотя бы минимального объема практических навыков.

В данном курсе эти навыки приобретаются при выполнении лабораторного практикума. Для успешного выполнения лабораторных работ следует:

- 1) Перед началом работы потратить некоторое время на ознакомление с ее теоретическим содержанием, с тем, чтобы при выполнении экспериментальных заданий иметь хотя бы общее представление о том, что происходит и какие результаты являются ожидаемыми.
- 2) В процессе работы аккуратно фиксировать полученные экспериментальные данные с тем, чтобы по прошествии двух-трех недель они могли стать предметом обсуждения при сдаче работы.
- 3) При подготовке к сдаче привести полученные данные к виду, пригодному для обсуждения – построить необходимые графики, заполнить таблицы и т. п.

К моменту сдачи лабораторной работы относящиеся к ее содержанию теоретические положения должны быть изучены и осмыслены.

Последовательность выполнения лабораторных работ определяется графиком

Контрольная работа – 9 неделя.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Радиотехника и компьютерные технологии Физтех-школа Радиотехники и Компьютерных Технологий кафедра радиотехники и систем управления
курс:	2
квалификация:	бакалавр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 4 (весенний) - Дифференцированный зачет	
Разработчик:	А.А. Григорьев, канд. техн. наук, доцент, доцент

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя этапы ее решения, действия по решению задачи
	УК-1.2 Находит, критически анализирует и выбирает информацию, необходимую для решения поставленной задачи
	УК-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
	УК-1.4 Грамотно, логично, аргументированно формирует собственные суждения и оценки
	УК-1.5 Определяет и оценивает практические последствия возможных вариантов решения задачи
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
	ОПК-1.2 Способен строить математические модели, производить количественные расчеты и оценки
ОПК-4 Способен осуществлять сбор и обработку научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач	ОПК-4.1 Владеет методами научного поиска и интеллектуального анализа информации при решении задач профессиональной деятельности
	ОПК-4.4 Владеет навыками работы с компьютером и компьютерными сетями с целью получения, хранения и обработки научной (технической, технологической) информации
ПК-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов	ПК-4.1 Знает численные порядки величин, характерных для соответствующей профессиональной области
	ПК-4.3 Способен обосновать причинно-следственные отношения используемых понятий и моделей

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Методы обработки радиотехнических сигналов» обучающийся должен:

знать:

основные методы анализа и синтеза аналоговых и цифровых фильтров.

уметь:

выбирать математический аппарат, адекватный решаемой задаче
конструировать аналоговые и цифровые фильтры для различных приложений

владеть:

методами анализа и синтеза аналоговых и цифровых фильтров

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

Текущий контроль ведется на лабораторных занятиях обсуждением полученных экспериментальных данных.

В конце лекции даются простые тестовые задания на усвоение текущего материала.

4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Вопросы экзаменационных билетов (2 курс, 3-й семестр, ФРТК).

Радиотехнические цепи и сигналы

1. Сущность теоремы В.А.Котельникова и ее приложения к передаче радиосигналов.
2. Принцип импульсно-кодовой модуляции (ИКМ) при передаче сигналов.
3. Структура канала связи (канала передачи сигналов).
4. Основные операции над сигналами в каналах радиосвязи.
5. Виды элементов радиотехнических цепей.
6. Что такое независимые и управляемые активные элементы цепей? Их виды.
7. Вольт-амперные характеристики и параметры идеальных и реальных источников напряжения.
8. Вольт-амперные характеристики и параметры идеальных и реальных источников тока.
9. Суть и приложения теоремы Тевенина.
10. Суть и приложения теоремы Нортон.
11. Вольт-амперные характеристики и параметры линейных и нелинейных резистивных двухполюсников.
12. Вольт-кулонные характеристики и параметры линейных и нелинейных емкостных двухполюсников.
13. Вебер-амперные характеристики и параметры линейных и нелинейных индуктивных двухполюсников.
14. Связь между индуктивностью катушки и числом ее витков при сильной и слабой связи между витками.
15. Как вычисляется суммарная индуктивность двух последовательно включенных катушек - при наличии и отсутствии связи между ними?
16. Результирующая вольт-амперная характеристика последовательно и параллельно соединенных линейных и нелинейных резистивных двухполюсников.
17. Связь между $i(t)$ и $u(t)$ для линейных и параметрических резисторов.
18. Связь между $i(t)$ и $u(t)$ для линейных, нелинейных и параметрических емкостных двухполюсников.
19. Связь между $i(t)$ и $u(t)$ для линейных, нелинейных и параметрических индуктивных двухполюсников.
20. Энергетические соотношения для постоянного резистора в случае синусоидального сигнала.
21. Энергетические соотношения для емкостного элемента в случае синусоидального сигнала.
22. Энергетические соотношения для индуктивного элемента в случае синусоидального сигнала.
23. Комплексное, векторное и спектральное представления синусоидального (гармонического) сигнала.
24. Сущность комплексного (символического) метода исследования цепей.
25. Закон Ома в комплексной форме.
26. Топология цепи — ветви, узлы, контуры. Правила Кирхгофа.
27. Сущность метода контурных токов при исследовании цепи.
28. Сущность метода узловых напряжений при исследовании цепи.
29. Методика вывода дифференциального уравнения цепи. Общий вид такого уравнения и его параметры.
30. Системы параметров четырехполюсника, их физический смысл.
31. Простейшие эквивалентные схемы четырехполюсников.
32. Понятие и свойства функции включения $1(t)$ и ее использование при исследовании цепей.
33. Понятие и свойства дельта-функции и ее использование при исследовании цепей.
34. Понятие переходной характеристики и ее применение при анализе и синтезе цепей.
35. Понятие импульсной переходной характеристики и ее применение при анализе и синтезе цепей.
36. Что такое интеграл Дюамеля? Формы его записи.
37. Понятие и использование комплексного коэффициента передачи цепи и ее АЧХ и ФЧХ.
38. Что такое нули и полюсы коэффициента передачи цепи? Какие сведения о цепи заключены в них?
39. Что такое минимально-фазовая цепь? Ее свойства, примеры таких цепей.
40. Что такое неминимально-фазовая цепь? Ее свойства, примеры таких цепей.
41. Диаграммы Боде.
42. Сущность спектрального анализа цепи.

43. Сущность спектрального синтеза цепи.
44. Понятие и вид вещественного спектра периодического сигнала.
45. Понятие и вид комплексного спектра периодического сигнала.
46. Понятие и вид комплексного спектра одиночного сигнала.
47. Прямое и обратное преобразования Фурье для сигналов.
48. Основные свойства преобразования Фурье.
49. Спектр прямоугольного видеоимпульса.
50. Спектр прямоугольного радиоимпульса.
51. Понятие свертки двух функций. Спектр свертки.
52. Что такое авто-корреляционная функция (АКФ)? Какова АКФ прямоугольного видеосигнала, гармонического сигнала?
53. Что такое взаимно-корреляционная функция (ВКФ)? Привести пример ВКФ двух финитных видеосигналов.
54. Свойства авто-корреляционных функций финитных сигналов.
55. Свойства взаимно-корреляционных функций финитных сигналов.
56. Понятие авто-корреляционной функции случайного сигнала.
57. Спектр случайного сигнала.
58. Сущность теоремы Винера-Хинчина.
59. Интегрирующая цепь 1-го порядка, ее основные свойства, характеристики, применение.
60. Дифференцирующая цепь 1-го порядка, ее основные свойства, характеристики, применение.
61. Последовательный LC-контур, его основные параметры, последовательный резонанс.
62. Параллельный LC-контур, его основные параметры, параллельный резонанс.
63. LC-цепь 2-го порядка как фильтр нижних частот.
64. LC-цепь 2-го порядка как полосовой фильтр.
65. Переходная характеристика LC-цепи 2-го порядка с коэффициентом затухания $\gg 1$.
66. Переходная характеристика LC-цепи 2-го порядка с коэффициентом затухания порядка 1.
67. Переходная характеристика LC-цепи 2-го порядка с коэффициентом затухания $\ll 1$.
68. Связь между $i(t)$ и $u(t)$ для системы двух индуктивно связанных катушек.
69. Особенности АЧХ системы из двух индуктивно связанных колебательных контуров.
70. Что такое фильтр нижних частот Баттерворта?
71. Свойства двойного Т-образного RC-моста.
72. Свойства идеального трансформатора на индуктивно связанных катушках.
73. Свойства реального трансформатора на индуктивно связанных катушках.
74. Функции активных элементов в радиотехнических цепях.
75. Виды частотных фильтров. Параметры и характеристики таких фильтров. Привести примеры.

Критерии оценивания

Оценка отлично (10) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично (9) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично (8) выставляется студенту, показавшему систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо (7) выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо (6) выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо (5) выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно (4) выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно (3) выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно (2) выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно (1) выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Во время сдачи лабораторных работ обучающиеся могут пользоваться результатами эксперимента, перечнем контрольных вопросов, а также справочной литературой, вычислительной техникой, конспектами лекций.

Дифференцированный зачет проводится в устной форме. Обучающимся дается 60 минут на подготовку ответа. Опрос на экзамене длится не более 90 минут.