

Направление подготовки 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника»
Профиль «Промышленная электроника»
РПД Б1.О.12 «Основы цифровой фильтрации сигналов»



**Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»
в г. Смоленске**

УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора
по учебно-методической работе
филиала ФГБОУ ВО
«НИУ «МЭИ» в г. Смоленске
В.В. Рожков
« 25 » 08 2021 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ОСНОВЫ ЦИФРОВОЙ ФИЛЬТРАЦИИ СИГНАЛОВ
(НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

Направление подготовки (специальность): 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника»

Профиль «Промышленная электроника»

Уровень высшего образования: бакалавриат

Нормативный срок обучения: 4 года

Форма обучения: Очная

Год набора: 2019

Смоленск

Программа составлена с учетом ФГОС ВО по направлению подготовки / специальности 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника», утвержденного приказом Минобрнауки России от «19» сентября 2017 г. № 927 с изменениями, внесенными приказом Минобрнауки России от «26» ноября 2020 г. № 1456.

Программу составил:
Заведующий кафедрой
«Электроники и микропроцессорной техники»

д-р техн. наук, доцент

Якименко Игорь Владимирович
ФИО

«24» июня 2021 г.

Программа с изменениями обсуждена и одобрена на заседании кафедры «Электроники и микропроцессорной техники»
«25» июня 2021 г., протокол № 11

Зам. заведующего кафедрой «Электроники и микропроцессорной техники»:

подпись

Смолин Владимир Алексеевич
ФИО

«02» июля 2021 г.

РПД адаптирована для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

**Ответственный в филиале по работе
с ЛОВЗ и инвалидами**

подпись

Зуева Елена Владимировна
ФИО

«02» июля 2021 г.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель является подготовка обучающихся к научно-исследовательской и проектно-конструкторской деятельности по направлению бакалавриата 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника» посредством обеспечения этапов формирования компетенций, предусмотренных ФГОС, в части представленных ниже знаний, умений и навыков.

Задачи: изучение понятийного аппарата дисциплины, основных теоретических положений и методов, привитие навыков применения теоретических знаний для решения практических задач.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Основы цифровой фильтрации сигналов» относится к обязательной части программы.

Для изучения данной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами: Б1.О.17 «Инженерная и компьютерная графика».

Перечень последующих дисциплин, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной дисциплиной: Б1.В.08 «Основы научных исследований».

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины направлено на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по данному направлению подготовки:

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

| Компетенция | Индикаторы достижения компетенций | Результаты обучения |
|---|---|---|
| ОПК-4. Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности. | ОПК-4.1 Понимает принципы работы современных информационных технологий. | Знает: Как применять принципы работы современных информационных технологий. Умеет: Применять принципы работы современных информационных технологий. Владеет: Методами применения принципов работы современных информационных технологий. |
| | ОПК-4.2 Использует современные информационные технологии для решения задач профессиональной деятельности. | Знает: Как использовать современные информационные технологии для решения задач профессиональной деятельности. Умеет: Использовать современные информационные технологии для решения задач профессиональной деятельности. Владеет: Методами использования современных информационных технологий для решения задач профессиональной деятельности. |
| ОПК-5. Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения. | ОПК-5.1 Разрабатывает алгоритмы, пригодные для практического применения. | Знает: Как разрабатывать алгоритмы, пригодные для практического применения. Умеет: Разрабатывать алгоритмы, пригодные для практического применения. Владеет: Методами разработки алгоритмы, пригодные для практического применения. |
| | ОПК-5.2 Разрабатывает компьютерные программы, пригодные для практического применения. | Знает: Как разрабатывать компьютерные программы, пригодные для практического применения. Умеет: Разрабатывать компьютерные программы, пригодные для практического применения. Владеет: Методами разработки компьютерные программы, пригодные для практического применения. |

*Направление подготовки 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»
Профиль «Промышленная электроника»
РПД Б1.О.12 «Основы цифровой фильтрации сигналов»*



4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Структура дисциплины:

| - | - | - | Форма контроля | | | | | | | з.е. | | - | Итого акад.часов | | | | | | Курс 3 | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---------|-------------------------------------|-----------------|--------|--------------|---------|-------|-------------|----|------|---------|----|------------------|------------|------|--------------|------------|----------|--------------|----|-----------|------|-------|-----|--------|----|-----|----|-----------|------|-------|-----|-----|----|-----|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Сем. 5 | | | | | | Сем. 6 | | | | | | | | | | |
| | | | Считать в плане | Индекс | Наименование | Экзамен | Зачет | Зачет с оц. | КП | КР | Реферат | | РГР | Экспертное | Факт | Часов в з.е. | Экспертное | По плану | Контакт часы | СР | Конт роль | з.е. | Итого | Лек | Лаб | Пр | КРП | СР | Конт роль | з.е. | Итого | Лек | Лаб | Пр | КРП |
| + | Б1.О.12 | Основы цифровой фильтрации сигналов | 5 | | | | | | 5 | 6 | 6 | 36 | 216 | 216 | 84 | 96 | 36 | 6 | 216 | 34 | 34 | 16 | | 96 | 36 | | | | | | | | | | |

ОБОЗНАЧЕНИЯ:

Виды промежуточной аттестации (виды контроля):

Экз - экзамен;

ЗаО - зачет с оценкой;

За – зачет;

Виды работ:

Контакт. – контактная работа обучающихся с преподавателем;

Лек. – лекционные занятия;

Лаб.– лабораторные работы;

Пр. – практические занятия;

КРП – курсовая работа (курсовой проект);

РГР – расчетно-графическая работа (реферат);

СР – самостоятельная работа студентов;

з.е.– объем дисциплины в зачетных единицах.

Содержание дисциплины:

| № | Наименование видов занятий и тематик, содержание |
|---|--|
| 1 | <p>лекционные занятия 17 шт. по 2 часа (34 час.):</p> <p>Тема № 1. Дискретные системы.</p> <p>1.1. Z – преобразование. Общая структура системы цифровой обработки аналоговых сигналов. Дискретное преобразование Лапласа. Z – преобразование. Свойства Z – преобразования. Обратное Z – преобразование.</p> <p>1.2. Линейные дискретные системы. Разностные уравнения ЛДС. Временные характеристики ЛДС. Фильтрация сигналов во временной области. Дискретная свертка.</p> <p>1.3. Передаточные функции ЛДС. Амплитудная и фазовая частотные характеристики. Фильтрация сигналов в частотной области. Связь частотной и импульсной характеристиками ЛДС.</p> <p>Тема № 2. Принципы построения и классификация цифровых фильтров.</p> <p>1.4. Основные типы избирательных цифровых фильтров. Универсальный алгоритм линейной цифровой фильтрации. Классификация цифровых фильтров. Цифровые фильтры с конечной (КИХ) и бесконечной (БИХ) импульсными характеристиками. Рекурсивные и нерекурсивные цифровые фильтры.</p> <p>1.5. Структурные схемы цифровых фильтров. Рекурсивные и нерекурсивные цифровые фильтры, их сравнительная характеристика. АЧХ и ФЧХ цифровых фильтров. Разностные уравнения и структурные схемы цифровых фильтров. Прямая и каноническая схемы цифрового фильтра.</p> <p>Тема № 3 Нерекурсивные цифровые фильтры.</p> <p>1.6. Нерекурсивные (трансверсальные) цифровые фильтры. Импульсная характеристика НЦФ. Передаточная (системная) функция. Частотная характеристика НЦФ. Формы реализации НЦФ.</p> <p>1.7. Реализация нерекурсивных цифровых фильтров. Нерекурсивные цифровые фильтры первого порядка. Нерекурсивные цифровые фильтры 2-го порядка. Особенности нерекурсивных цифровых фильтров. Метод «взвешивания» с помощью оконных функций (метод «окон»).</p> <p>1.8. Нерекурсивные цифровые фильтры с линейной ФЧХ. Проектирование КИХ – фильтров с линейной ФЧХ методом разложения АЧХ в ряд Фурье. Способы трансформации ФНЧ в другие типы ЦФ.</p> <p>1.9. Численные методы синтеза нерекурсивных цифровых фильтров. Автоматизация проектирования нерекурсивных цифровых фильтров с использованием специализированных программных продуктов. Прикладные задачи цифровой обработки сигналов.</p> <p>Тема № 4 Рекурсивные цифровые фильтры.</p> <p>1.10. Устойчивость и реализуемость рекурсивных цифровых фильтров. Нули и полюса передаточной функции. Нуль-полосные диаграммы дискретных фильтров. Импульсная характеристика РЦФ. Передаточная (системная) функция. Частотная характеристика РЦФ.</p> <p>1.11. Реализация фильтров с бесконечной импульсной характеристикой. Рекурсивные цифровые фильтры первого порядка. Рекурсивные цифровые фильтры второго порядка. Реализация рекурсивных цифровых фильтров. Метод замены операторов. Метод билинейного преобразования. Способы трансформации ФНЧ в другие типы ЦФ.</p> <p>1.12. Проектирование ЦФ Баттерворта. Алгоритм синтез ЦФ по заданной АЧХ. Синтез БИХ ЦФ Баттерворта по заданной АЧХ.</p> <p>1.13. Проектирование ЦФ Чебышева. Алгоритм синтез ЦФ по заданной АЧХ. Синтез БИХ ЦФ Чебышева по заданной АЧХ.</p> <p>1.14. Численные методы синтеза рекурсивных цифровых фильтров. Автоматизация проектирования рекурсивных цифровых фильтров с использованием специализированных программных продуктов. Прикладные задачи цифровой обработки сигналов.</p> <p>Тема № 5 Многоскоростные и адаптивные цифровые фильтры.</p> |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|-----------------------------------|------|---------------------------------|----|---|----|--|----|----------------------------------|----|---------------|-----------|----------------------------|-----------|
| | <p>1.15. Многоскоростные цифровые фильтры. Понижение частоты дискретизации. Повышение частоты дискретизации. Задачи, решаемые многоскоростными фильтрами.</p> <p>1.16. Адаптивные цифровые фильтры. Виды адаптивных алгоритмов. Задачи решаемые адаптивными фильтрами.</p> <p>1.17. Оценка и обеспечение точности цифровых фильтров. Влияние конечной разрядности чисел. Масштабирование сигналов в цифровых фильтрах. Оценка шумов квантования и требуемой разрядности АЦП и регистров. Методика решения задач конечной разрядности чисел в цифровых фильтрах.</p> | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | <p>лабораторные работы 8 шт. по 4 часа (34 час.):</p> <p>2.1. Исследование изменения коэффициентов разностных уравнений на частотные и импульсные характеристик ЛДС.</p> <p>2.2. Исследование изменения параметров и характеристик нерекурсивных цифровых фильтров первого порядка.</p> <p>2.3. Исследование изменения параметров и характеристик нерекурсивных цифровых фильтров второго порядка.</p> <p>2.4. Исследование изменения параметров и характеристик нерекурсивных цифровых фильтров с использованием специализированных программных продуктов.</p> <p>2.5. Исследование устойчивости и реализуемости рекурсивных цифровых фильтров.</p> <p>2.6. Исследование изменения параметров и характеристик рекурсивных цифровых фильтров первого порядка.</p> <p>2.7. Исследование изменения параметров и характеристик рекурсивных цифровых фильтров второго порядка.</p> <p>2.8. Исследование изменения параметров и характеристик рекурсивных цифровых фильтров с использованием специализированных программных продуктов. (4 часа).</p> | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | <p>практические занятия 8 шт. по 2 часа (16 час.):</p> <p>3.1. Расчет коэффициентов разностных уравнений, частотных и импульсных характеристик ЛДС. Расчет результатов дискретной свертки.</p> <p>3.2. Расчет параметров и характеристик нерекурсивных цифровых фильтров первого порядка.</p> <p>3.3. Расчет параметров и характеристик нерекурсивных цифровых фильтров второго порядка.</p> <p>3.4. Расчет параметров и характеристик нерекурсивных цифровых фильтров с использованием специализированных программных продуктов.</p> <p>3.5. Оценка устойчивости и реализуемости рекурсивных цифровых фильтров.</p> <p>3.6. Расчет параметров и характеристик рекурсивных цифровых фильтров первого порядка.</p> <p>3.7. Расчет параметров и характеристик рекурсивных цифровых фильтров второго порядка.</p> <p>3.8. Расчет параметров и характеристик рекурсивных цифровых фильтров с использованием специализированных программных продуктов.</p> | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | <p>расчетно-графическая работа «Синтез цифровых фильтров».</p> | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | <table> <tr> <td>самостоятельная работа студентов:</td> <td>час.</td> </tr> <tr> <td>5.1. Изучение материалов лекций</td> <td>34</td> </tr> <tr> <td>5.2. Подготовка к практическим занятиям</td> <td>16</td> </tr> <tr> <td>5.3. Подготовка к лабораторным работам</td> <td>16</td> </tr> <tr> <td>5.4. Расчетно-графическая работа</td> <td>21</td> </tr> <tr> <td>Всего:</td> <td>87</td> </tr> <tr> <td>5.5. Подготовка к экзамену</td> <td>45</td> </tr> </table> | самостоятельная работа студентов: | час. | 5.1. Изучение материалов лекций | 34 | 5.2. Подготовка к практическим занятиям | 16 | 5.3. Подготовка к лабораторным работам | 16 | 5.4. Расчетно-графическая работа | 21 | Всего: | 87 | 5.5. Подготовка к экзамену | 45 |
| самостоятельная работа студентов: | час. | | | | | | | | | | | | | | |
| 5.1. Изучение материалов лекций | 34 | | | | | | | | | | | | | | |
| 5.2. Подготовка к практическим занятиям | 16 | | | | | | | | | | | | | | |
| 5.3. Подготовка к лабораторным работам | 16 | | | | | | | | | | | | | | |
| 5.4. Расчетно-графическая работа | 21 | | | | | | | | | | | | | | |
| Всего: | 87 | | | | | | | | | | | | | | |
| 5.5. Подготовка к экзамену | 45 | | | | | | | | | | | | | | |

Текущий контроль: Письменный контрольный опрос по изученному теоретическому материалу и полученным практическим навыкам проводится на практических и лабораторных занятиях.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

| № п/п | Виды учебных занятий | Образовательные технологии |
|-------|--|--|
| 1. | Лекции | Интерактивная лекция (лекция-визуализация). Индивидуальные и групповые консультации по дисциплине. |
| 2. | Практические занятия | Технология обучения на основе решения задач и выполнения упражнений. |
| 3. | Лабораторная работа | Технология выполнения лабораторных заданий индивидуально. Технология выполнения лабораторных заданий в малой группе (в бригаде). Допуск к лабораторной работе. |
| 4. | Самостоятельная работа студентов (внеаудиторная) | Информационно-коммуникационные технологии (доступ к ЭИОС филиала, к ЭБС филиала, доступ к информационно-методическим материалам по дисциплине). |
| 5. | Контроль (промежуточная аттестация: зачет или экзамен) | Технология устного опроса. |

6. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ – ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Форма промежуточной аттестации по настоящей дисциплине - экзамен.

Перечень вопросов к экзамену

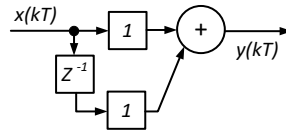
1. Общая структура системы цифровой обработки аналоговых сигналов.
2. Дискретное преобразование Лапласа. Z – преобразование. Свойства Z – преобразования. Обратное Z – преобразование.
3. Разностные уравнения ЛДС.
4. Временные характеристики ЛДС.
5. Фильтрация сигналов во временной области. Дискретная свертка.
6. Амплитудная и фазовая частотные характеристики.
7. Фильтрация сигналов в частотной области.
8. Связь частотной и импульсной характеристиками ЛДС.
9. Универсальный алгоритм линейной цифровой фильтрации. Классификация цифровых фильтров.
10. Цифровые фильтры с конечной (КИХ) и бесконечной (БИХ) импульсными характеристиками.
11. Рекурсивные и нерекурсивные цифровые фильтры.
12. Рекурсивные и нерекурсивные цифровые фильтры, их сравнительная характеристика. АЧХ и ФЧХ цифровых фильтров.
13. Разностные уравнения и структурные схемы цифровых фильтров.
14. Прямая и каноническая схемы цифрового фильтра.
15. Импульсная характеристика НЦФ.
16. Передаточная (системная) функция.
17. Частотная характеристика НЦФ.

18. Формы реализации НЦФ.
19. Нерекурсивные цифровые фильтры первого порядка.
20. Нерекурсивные цифровые фильтры 2-го порядка.
21. Особенности нерекурсивных цифровых фильтров.
22. Метод «взвешивания» с помощью оконных функций (метод «окон»).
23. Проектирование КИХ – фильтров с линейной ФЧХ методом разложения АЧХ в ряд Фурье.
24. Способы трансформации ФНЧ в другие типы ЦФ.
25. Автоматизация проектирования нерекурсивных цифровых фильтров с использованием специализированных программных продуктов.
26. Прикладные задачи цифровой обработки сигналов.
27. Нули и полюса передаточной функции. Нуль-полюсные диаграммы дискретных фильтров.
28. Импульсная характеристика РЦФ.
29. Передаточная (системная) функция.
30. Частотная характеристика РЦФ.
31. Рекурсивные цифровые фильтры первого порядка.
32. Рекурсивные цифровые фильтры второго порядка.
33. Реализация рекурсивных цифровых фильтров. Метод замены операторов.
34. Метод билинейного преобразования.
35. Способы трансформации ФНЧ в другие типы ЦФ.
36. Алгоритм синтеза ЦФ по заданной АЧХ.
37. Синтез БИХ ЦФ Баттерворта по заданной АЧХ.
38. Алгоритм синтеза ЦФ по заданной АЧХ.
39. Синтез БИХ ЦФ Чебышева по заданной АЧХ.
40. Автоматизация проектирования рекурсивных цифровых фильтров с использованием специализированных программных продуктов.
41. Прикладные задачи цифровой обработки сигналов.
42. Понижение частоты дискретизации.
43. Повышение частоты дискретизации.
44. Задачи, решаемые многоскоростными фильтрами.
45. Виды адаптивных алгоритмов.
46. Задачи решаемые адаптивными фильтрами.
47. Влияние конечной разрядности чисел.
48. Масштабирование сигналов в цифровых фильтрах.
49. Оценка шумов квантования и требуемой разрядности АЦП и регистров.
50. Методика решения задач конечной разрядности чисел в цифровых фильтрах.

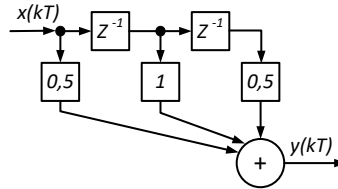
Типовые задачи

1. Найти отклик ЦФ с ИХ $h_k = 1, 1, 0, \dots$ на сигнал $x_k = 1, 1, 0, \dots$
2. Найти отклик ЦФ с ИХ $h_k = 1, 1, 1, 0, \dots$ на сигнал $x_k = 1, 1, 0, 0, \dots$
3. Найти отклик ЦФ с ИХ $h_k = 1, 1, 0, \dots$ на сигнал $x_k = 1, 1, 1, 0, \dots$
4. Найти отклик ЦФ с ИХ $h_k = 0, 1, 1, 0, \dots$ на сигнал $x_k = 0, 1, 1, 0, \dots$
5. Найти отклик ЦФ с ИХ $h_k = 0, 1, 1, 0, \dots$ на сигнал $x_k = 0, 1, 1, 1, 0, \dots$
6. Найти отклик ЦФ с ИХ $h_k = 0, 1, 1, 1, 0, \dots$ на сигнал $x_k = 0, 1, 1, 0, \dots$
7. Найти отклик ЦФ с ИХ $h_k = 0.5, 1, 0.5, 0, \dots$ на сигнал $x_k = 1, 1, 0, 0, \dots$
8. Найти отклик ЦФ с ИХ $h_k = 1, 1, 0, \dots$ на сигнал $x_k = 0.5, 1, 0.5, 0, \dots$
9. Найти отклик ЦФ с ИХ $h_k = 2, 1, 0.5, 0, \dots$ на сигнал $x_k = 1, 1, 0, 0, \dots$
10. Найти отклик ЦФ с ИХ $h_k = 1, 1, 1, 0, \dots$ на сигнал $x_k = 2, 1, 0.5, 0, \dots$
11. Найти характеристики ЦФ с ИХ $h_k = 1, 1, 0, 0, 0, \dots$
12. Найти характеристики ЦФ с ИХ $h_k = 0.5, 1, 0.5, 0, 0, \dots$

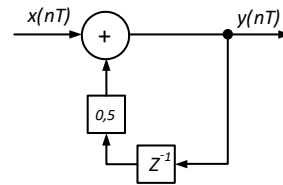
13. Найти характеристики ЦФ



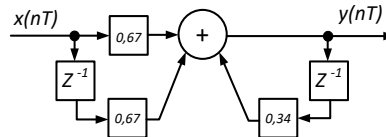
14. Найти характеристики ЦФ



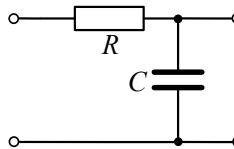
15. Найти характеристики ЦФ



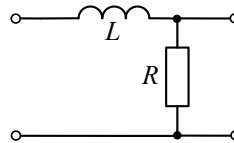
16. Найти характеристики ЦФ



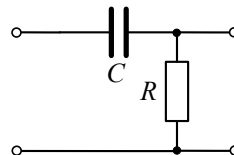
17. Найти схему ЦФ, эквивалентного АФ



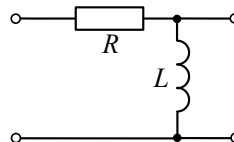
18. Найти схему ЦФ, эквивалентного АФ



19. Найти схему ЦФ, эквивалентного АФ



20. Найти схему ЦФ, эквивалентного АФ



ЗАДАНИЕ НА РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКУЮ РАБОТУ
 «Синтез цифровых фильтров»

1. Расчет исходных данных РГР осуществляется в соответствии с № группой студента, и зависит от n — порядкового номера студента по журналу успеваемости.

Таблица 1 — Расчет исходных данных РГР

| Параметр | ПЭ1-XX | ПЭ2-XX |
|----------|-------------|----------|
| Фильтр | Баттерворта | Чебышева |

| Форма входного сигнала | Прямоугольный импульс | Колоколообразный импульс |
|---|-----------------------|--------------------------|
| Циклическая частота полосы пропускания | $\omega_p=1000+3n^*$ | $\omega_p=1000+3n^*$ |
| Циклическая частота полосы задержания | $\omega_n=2000-2n^*$ | $\omega_n=2000-2n^*$ |
| допуски на максимальное значение неравномерности АЧХ в ПП | $\delta H_p=0.2$ | $\delta H_p=0.2$ |
| максимальное отклонение АЧХ от нуля в ПЗ | $\delta H_z=0.1$ | $\delta H_z=0.1$ |
| Входной сигнал | Прямоугольный импульс | Колоколообразный импульс |

1. Введение исходных данных для синтеза ФНЧ;
2. Расчёт граничных частот ФНЧ;
3. Аппроксимация АЧХ ФНЧ;
4. Расчет массива А коэффициентов ПФ, РУ и ЧХ ФНЧ;
5. Составление блок-схемы ФНЧ и запись РУ;
6. Оценка устойчивости ФНЧ;
7. Расчет ИХ ФНЧ;
8. Расчет ЧХ ФНЧ;
9. Исследование фильтрующих свойств ЦФ;
10. Оценка группового времени задержки ФНЧ.

В конце работы обязательно делается вывод.

Критерии оценивания РГР:

Расчет ФНЧ — оценка «удовлетворительно».

Расчет ФНЧ и ФВЧ — оценка «хорошо».

Расчет ФНЧ, ФВЧ, ПлФ и ЗФ — оценка «отлично».

В филиале используется система с традиционной шкалой оценок – "отлично", "хорошо", "удовлетворительно", "неудовлетворительно", "зачтено", "не зачтено" (далее - пятибалльная система).

Применяемые критерии оценивания по дисциплинам (в соответствии с инструктивным письмом НИУ МЭИ от 14 мая 2012 года № И-23):

| Оценка по дисциплине | Критерии оценки результатов обучения по дисциплине |
|---|---|
| «отлично»/ «зачтено (отлично)»/ «зачтено» | Выставляется обучающемуся, обнаружившему всестороннее, систематическое и глубокое знание материалов изученной дисциплины, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; проявившему творческие способности в понимании, изложении и использовании материалов изученной дисциплины, безупречно ответившему не только на вопросы билета, но и на дополнительные вопросы в рамках рабочей программы дисциплины, правильно выполнившему практическое задание. Оценка по дисциплине выставляется обучающемуся с учётом результатов текущего контроля. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – «эталонный». |

| Оценка по дисциплине | Критерии оценки результатов обучения по дисциплине |
|---|--|
| «хорошо»/ «зачтено (хорошо)»/ «зачтено» | Выставляется обучающемуся, обнаружившему полное знание материала изученной дисциплины, успешно выполняющему предусмотренные задания, усвоившему основную литературу, рекомендованную рабочей программой дисциплины; показавшему систематический характер знаний по дисциплине, ответившему на все вопросы билета, правильно выполнивший практическое задание, но допустивший при этом непринципиальные ошибки. Оценка по дисциплине выставляется обучающемуся с учётом результатов текущего контроля. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – «продвинутый». |
| «удовлетворительно»/ «зачтено (удовлетворительно)»/ «зачтено» | Выставляется обучающемуся, обнаружившему знание материала изученной дисциплины в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющемуся с выполнением заданий, знакомому с основной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; допустившему погрешность в ответе на теоретические вопросы и/или при выполнении практических заданий, но обладающему необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя, либо неправильно выполнившего практическое задание, но по указанию преподавателя выполнившего другие практические задания из того же раздела дисциплины.. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – «пороговый». |
| «неудовлетворительно»/ не зачтено | Выставляется обучающемуся, обнаружившему серьезные пробелы в знаниях основного материала изученной дисциплины, допустившему принципиальные ошибки в выполнении заданий, не ответившему на все вопросы билета и дополнительные вопросы и неправильно выполнившего практическое задание (неправильное выполнение только практического задания не является однозначной причиной для выставления оценки «неудовлетворительно»). Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение по образовательной программе без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине. Оценка по дисциплине выставляется обучающемуся с учётом результатов текущего контроля. Компетенции на уровне «пороговый», закреплённые за дисциплиной, не сформированы. |

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебное и учебно-лабораторное оборудование

Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная:

- специализированной мебелью; доской аудиторной; демонстрационным оборудованием: персональным компьютером (ноутбуком); переносным (стационарным) проектором (

Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная:

- специализированной мебелью; доской аудиторной; демонстрационным оборудованием: персональным компьютером (ноутбуком); переносным (стационарным) проекто-

ром

Учебная аудитория для лабораторных работ, выполняемых в компьютерном классе, оснащенная:

- специализированной мебелью; доской аудиторной; персональными компьютерами.

Для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине используется помещение для самостоятельной работы обучающихся, оснащенное:

- специализированной мебелью; доской аудиторной; персональным компьютерами с подключением к сети "Интернет" и доступом в ЭИОС филиала.

Программное обеспечение: Matlab, MathCad, Micro-Cap.

8. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ

В ходе реализации дисциплины используются следующие дополнительные методы обучения, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в зависимости от их индивидуальных особенностей:

для слепых и слабовидящих:

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;

- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением, или могут быть заменены устным ответом;

- обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;

- для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств;

- письменные задания оформляются увеличенным шрифтом;

- экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

для глухих и слабослышащих:

- лекции оформляются в виде электронного документа;

- письменные задания выполняются на компьютере в письменной форме;

- экзамен и зачёт проводятся в письменной форме на компьютере; возможно проведение в форме тестирования.

для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;

- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением;

- экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере;

- используется специальная учебная аудитория для лиц с ЛОВЗ – ауд. 106 главного учебного корпуса по адресу 214013, г. Смоленск, Энергетический пр-д, д.1, здание энергетического института (основной корпус).

При необходимости предусматривается увеличение времени для подготовки ответа.

Процедура проведения промежуточной аттестации для обучающихся устанавливается с учётом их индивидуальных психофизических особенностей. Промежуточная аттестация может проводиться в несколько этапов.

При проведении процедуры оценивания результатов обучения предусматривается использование технических средств, необходимых в связи с индивидуальными особенностями обучающихся. Эти средства могут быть предоставлены филиалом, или

могут использоваться собственные технические средства.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

Обеспечивается доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет для каждого обучающегося в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

для слепых и слабовидящих:

- в печатной форме увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- в форме аудиофайла.

для глухих и слабослышащих:

- в печатной форме;
- в форме электронного документа.

для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме;
- в форме электронного документа;
- в форме аудиофайла.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература.

1. Сергиенко, Александр Борисович. Цифровая обработка сигналов / А.Б.Сергиенко .— М. : ПИТЕР, 2002 .— 603 с. : ил. — ISBN 5-318-00666-3 : 104.40.
2. Васюков, Василий Николаевич. Цифровая обработка сигналов и сигнальные процессоры в системах подвижной радиосвязи : Учеб. / В.Н.Васюков .— Новосибирск : Издат. НГТУ, 2003 .— 287[1]с. : ил. — (Учебники НГТУ) .— ISBN 5-7782-0314-4 : 194-40.
3. Основы цифровой обработки сигналов : учеб. пособие для студ. по "Телекоммуникации" / А. И. Солонина, Д. А. Улахович, С. М. Арбузов, Е. Б. Соловьева .— 2-е изд. — СПб : БХВ-Петербург, 2005 .— 753 с. : ил. — ISBN 5-94157-604-8 : 201.00.
4. Магазинникова, Анна Леонидовна. Основы цифровой обработки сигналов : учебное пособие / А. Л. Магазинникова .— 2-е изд., испр. — СПб. [и др.] : ЛАНЬ, 2016 .— 128, [4] с. : ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература) .— Библиогр.: с. 127-128 .— ISBN 978-5-8114-2175-6 : 400-40.
5. Баскаков, Святослав Иванович. Радиотехнические цепи и сигналы : учебник для вузов по спец. " Радиотехника" / С. И. Баскаков .— Изд. 5-е, стер .— М. : Высш. шк., 2005 .— 462 с. : ил. — ISBN 5-06-003843-2 : 434.50.
6. Баскаков, Святослав Иванович. Радиотехнические цепи и сигналы : Руководство к решению задач: Учеб. пособие для студентов вузов / С.И. Баскаков .— 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Высш. шк., 2002 .— 211, [3] с. : ил. — ISBN 5-06-003994-3 : 45.00.
7. Вадутов, Олег Самигулович. Электроника. Математические основы обработки сигналов : учебник и практикум для академического бакалавриата [по напр. 210100 "Электроника и наноэлектроника"] / О.С. Вадутов ; НИ ТПУ .— М. : Юрайт, 2017 .— 307, [1] с. : ил. — (Университеты России) .— Библиогр.: с. 301 .— ISBN 978-5-534-00780-0 : 766.35.

Дополнительная литература.

1. Сергиенко, Александр Борисович. Цифровая обработка сигналов : учебное пособие для вузов по направлению 210300 "Радиотехника" / А.Б.Сергиенко .— 3-е., изд. — СПб : БХВ-Петербург, 2011 .— 756 с. : ил. — (Учебная литература для вузов) .— ISBN 978-5-9775-0606-9 : 473.00.

2. Куприянов, Михаил Степанович. Цифровая обработка сигналов : Процессоры. Алгоритмы. Средства проектирования / М.С.Куприянов, Б.Д.Матюшкин .— 2-е изд., перераб. и доп. — СПб. : ПОЛИТЕХНИКА, 2002 .— 592 с. : ил. — ISBN 5-7325-0546-6 : 258.30.
Лайонс, Ричард. Цифровая обработка сигналов / Р. Лайонс; пер. с англ. под ред. А. А. Бритова .— 2-е изд. — М. : Бином, 2009 .— 652, [2] с. : ил. — ISBN 978-5-9518-0355-9 : 393.00.
3. Смит, Стивен. Цифровая обработка сигналов. Практическое руководство для инженеров и научных работников : пер. с англ. / С. Смит .— М. : "Додэка-XXI", 2008 .— 718с. : ил.+CD-ROM .— (Схемотехника) .— ISBN 978-5-94120-145-7 : 762.00
4. Пономарев, А.В. Основы теории двумерной цифровой обработки сигналов в базисах Фурье с варьируемыми параметрами / А.В. Пономарев // Цифровая обработка сигналов .— 1999-2019. — 2019 .— №2 .— С.12-20 .— ISSN 1684-2634.
5. Баскаков, Святослав Иванович. Лекции по теории цепей / С. И. Баскаков .— М. : МЭИ; Росвузнаука, 1991 .— 221, [2] с. : ил. — ISBN 5-7046-0027-1 : 18.50.
6. Баскаков, Святослав Иванович. Радиотехнические цепи и сигналы : Учебник для вузов / С.И. Баскаков .— М. : Высш. шк., 2000 .— 462 с. : ил. — ISBN 5-06-003843-2 : 75.33.
7. Каганов, Вильям Ильич. Радиотехнические цепи и сигналы. Компьютеризированный курс. : учеб. пособие для вузов по направлению подгот. дипломированных спец. "Радиотехника" / В. И. Каганов .— М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2005 .— 431 с. : ил. — (Высшее образование) .— ISBN 5-8199-0151-7 : 5-16-002157-4 : 149.00.

Список авторских методических разработок.

1. Комплект лекций, в формате мультимедийных презентаций, расположен на сайте кафедры:

<https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1uVEzYlCEXLqYi1W3NyPCJGjGVJ3yX9v1>
https://drive.google.com/drive/u/1/folders/1tCiE6qzzezBmq_YmuGL7pAiaV-s9_mPU;

2. Задания на практические занятия расположены на сайте кафедры:

<https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1uVEzYlCEXLqYi1W3NyPCJGjGVJ3yX9v1>
https://drive.google.com/drive/u/1/folders/1tCiE6qzzezBmq_YmuGL7pAiaV-s9_mPU;

3. Задания на лабораторные работы расположен на сайте кафедры:

<https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1uVEzYlCEXLqYi1W3NyPCJGjGVJ3yX9v1>
https://drive.google.com/drive/u/1/folders/1tCiE6qzzezBmq_YmuGL7pAiaV-s9_mPU;


4. Задание на расчетно-графическую работу расположен на сайте кафедры:

<https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1uVEzYlCEXLqYi1W3NyPCJGjGVJ3yX9v1>
https://drive.google.com/drive/u/1/folders/1tCiE6qzzezBmq_YmuGL7pAiaV-s9_mPU;

5. Вопросы для подготовке к экзамену расположен на сайте кафедры:

<https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1uVEzYlCEXLqYi1W3NyPCJGjGVJ3yX9v1>
[https://drive.google.com/drive/u/1/folders/1tCiE6qzzezBmq_YmuGL7pAiaV-s9_mPU.](https://drive.google.com/drive/u/1/folders/1tCiE6qzzezBmq_YmuGL7pAiaV-s9_mPU;)

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

| Но- мер из- ме- не- ния | Номера страниц | | | | Всего стра- ниц в доку- менте | Наименование и № документа, вводящего изменения | Подпись, Ф.И.О. внесшего измене- ния в данный эк- земпляр | Дата внесения из- менения в данный эк- земпляр | Дата введения из- менения |
|--|---------------------------|---------------------------|------------|--|---|--|---|--|---------------------------------|
| | из- ме- нен- ных | за- ме- нен- ных | но- вых | ан- ну- ли- ро- ванн ых | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | | 3 | | | | Приказ Минобр- науки России от «26» ноября 2020 г. № 1456 |  И.В. Якименко | 25.08.2021 | 01.09.2021 |