

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Наименование образовательной программы: Радионавигационные системы и комплексы

Уровень образования: высшее образование - специалитет

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
5G/4G ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ В БАЗОВЫХ СТАНЦИЯХ


| | |
|--|---|
| Блок: | Блок 1 «Дисциплины (модули)» |
| Часть образовательной программы: | Часть, формируемая участниками образовательных отношений |
| № дисциплины по учебному плану: | Б1.Ч.19.02.01 |
| Трудоемкость в зачетных единицах: | 9 семестр - 3; |
| Часов (всего) по учебному плану: | 108 часов |
| Лекции | 9 семестр - 32 часа; |
| Практические занятия | 9 семестр - 16 часов; |
| Лабораторные работы | не предусмотрено учебным планом |
| Консультации | проводится в рамках часов аудиторных занятий |
| Самостоятельная работа | 9 семестр - 59,7 часа; |
| в том числе на КП/КР | не предусмотрено учебным планом |
| Иная контактная работа | проводится в рамках часов аудиторных занятий |
| включая: | |
| Контрольная работа | |
| Промежуточная аттестация: | |
| Зачет с оценкой | 9 семестр - 0,3 часа; |

Москва 2020

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

| | | |
|---|---|------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Куликов Р.С. |
| | Идентификатор | R7ef0b374-KulikovRS-e851162c |

(подпись)

Р.С. Куликов

(расшифровка
подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

| | | |
|---|---|--------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Сизякова А.Ю. |
| | Идентификатор | R4eb30863-SiziakovaAY-83831ea7 |

(подпись)

А.Ю. Сизякова

(расшифровка
подписи)

Заведующий выпускающей
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

| | | |
|---|---|------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Куликов Р.С. |
| | Идентификатор | R7ef0b374-KulikovRS-e851162c |

(подпись)

Р.С. Куликов

(расшифровка
подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение теоретических основ адаптивной цифровой обработки сигналов в современных базовых станциях стандарта 4G/5G

Задачи дисциплины

- изучение теории принципов построения базовых станций беспроводной мобильной связи стандартов 4G/5G;
- изучение теоретических основ линейной и нелинейной адаптивной цифровой обработки сигналов в системах беспроводной связи стандартов 4G/5G;
- приобретение знаний и умений для практических приложений адаптивной цифровой обработки сигналов в современных системах передачи информации.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Запланированные результаты обучения |
|---|---|---|
| ПК-1 Способен разрабатывать структурные и функциональные схемы подсистем радиоэлектронных систем и комплексов, в том числе с использованием математического моделирования алгоритмов формирования, передачи, приема и обработки радиосигналов | ИД-1 _{ПК-1} Знает методы выполнения расчетов основных технических характеристик схем подсистем радиоэлектронных систем и комплексов | знать: - методы построения адаптивных идентификаторов линейных и нелинейных искажений аналоговых трактов радиоэлектронных систем и комплексов; - методы предискажений сигнала передатчика и посткоррекции аналогового тракта приемника; - методы оценки оптимальных коэффициентов адаптивных фильтров, основанные на методах оптимизации первого и второго порядка; - методы цифровой обработки сигналов для моделирования цифровой части приемопередающего тракта систем и комплексов связи 4G/5G. |
| ПК-1 Способен разрабатывать структурные и функциональные схемы подсистем радиоэлектронных систем и комплексов, в том числе с использованием математического моделирования алгоритмов формирования, передачи, приема и обработки радиосигналов | ИД-2 _{ПК-1} Умеет использовать методы математических расчетов характеристик радиотехнических устройств, систем и процессов для анализа и оптимизации их параметров | уметь: - использовать методы адаптации при построении корректоров аналоговых трактов системы связи; - моделировать линейные и нелинейные искажения аналоговых трактов, а также структуры адаптивных корректоров. |

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Радионавигационные системы и комплексы (далее – ОПОП), направления подготовки 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы, уровень образования: высшее образование - специалитет.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать основы линейной алгебры (произведение векторов и матриц, обращение матриц, решение систем линейных алгебраических уравнений)
- знать основы теории функций комплексного переменного (голоморфность, аналитичность, условия дифференцируемости)
- знать основы теории вероятностей, математической статистики и теории случайных процессов (понятие вероятности, матожидания, дисперсии, условной и совместной плотности вероятности, автокорреляционной функции и спектральной плотности мощности, понятие стационарности и эргодичности случайного процесса)
- знать основы цифровой обработки сигналов (цифровые фильтры КИХ, БИХ и их характеристики, дискретное преобразование Фурье, быстрое преобразование Фурье)
- знать основы радиотехнических цепей и сигналов (понятие аналоговой и цифровой модуляции, линейные и нелинейные приемопередающие тракты систем связи, смесители и усилители мощности радиосигналов)
- уметь вычислять произведения векторов и матриц, рассчитывать обратные матрицы, решать системы линейных уравнений с использованием математических пакетов
- уметь рассчитывать выборочные статистические оценки матожидания, дисперсии, автокорреляционной функции и спектральной плотности мощности
- уметь рассчитывать характеристики цифровых фильтров: амплитудно-частотные, фазочастотные характеристики и групповое время запаздывания

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

| № п/п | Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации | Всего часов на раздел | Семестр | Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы | | | | | | | | | | Содержание самостоятельной работы/ методические указания | |
|-------|--|-----------------------|---------|--|-----|----|--------------|---|-----|----|----|-------------------|-----------------------------------|--|---|
| | | | | Контактная работа | | | | | | | СР | | | | |
| | | | | Лек | Лаб | Пр | Консультация | | ИКР | | ПА | Работа в семестре | Подготовка к аттестации /контроль | | |
| КПР | ГК | ИККП | ТК | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | |
| 1 | Теоретические основы адаптивной цифровой обработки сигналов в базовой станции 4G/5G | 27 | 9 | 8 | - | 4 | - | - | - | - | - | 15 | - | <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Теоретические основы адаптивной цифровой обработки сигналов в базовой станции 4G/5G и подготовка к контрольной работе</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], стр. 477-560</p> | |
| 1.1 | Теоретические основы адаптивной цифровой обработки сигналов в базовой станции 4G/5G | 27 | | 8 | - | 4 | - | - | - | - | - | 15 | - | | |
| 2 | Адаптация коэффициентов линейных цифровых корректоров аналоговых трактов базовой станции 4G/5G | 27 | | 8 | - | 4 | - | - | - | - | - | 15 | - | | <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Адаптация коэффициентов линейных цифровых корректоров аналоговых трактов базовой станции 4G/5G и подготовка к контрольной работе</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 36-93</p> |
| 2.1 | Адаптация коэффициентов линейных цифровых корректоров аналоговых трактов базовой станции 4G/5G | 27 | | 8 | - | 4 | - | - | - | - | - | 15 | - | | |
| 3 | Введение в теорию адаптивной коррекции усилителей мощности передающего тракта | 27 | | 8 | - | 4 | - | - | - | - | - | 15 | - | | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---|--------------|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|------------|-------------|----------|--|
| | базовой станции 4G/5G | | | | | | | | | | | | станции 4G/5G и подготовка к контрольной работе |
| 3.1 | Введение в теорию адаптивной коррекции усилителей мощности передающего тракта базовой станции 4G/5G | 27 | 8 | - | 4 | - | - | - | - | - | 15 | - | <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [4], стр. 17-64 |
| 4 | Многослойные адаптивные корректоры усилителей мощности передающего тракта базовой станции 4G/5G | 26.7 | 8 | - | 4 | - | - | - | - | - | 14.7 | - | <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Многослойные адаптивные корректоры усилителей мощности передающего тракта базовой станции 4G/5G и подготовка к контрольной работе <u>Изучение материалов литературных источников:</u> |
| 4.1 | Многослойные адаптивные корректоры усилителей мощности передающего тракта базовой станции 4G/5G | 26.7 | 8 | - | 4 | - | - | - | - | - | 14.7 | - | [1], стр. 324-405 |
| | Зачет с оценкой | 0.3 | - | - | - | - | - | - | - | 0.3 | - | - | |
| | Всего за семестр | 108.0 | 32 | - | 16 | - | - | - | - | 0.3 | 59.7 | - | |
| | Итого за семестр | 108.0 | 32 | - | 16 | - | - | - | - | 0.3 | 59.7 | - | |

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Теоретические основы адаптивной цифровой обработки сигналов в базовой станции 4G/5G

1.1. Теоретические основы адаптивной цифровой обработки сигналов в базовой станции 4G/5G

Эволюция систем цифровой сотовой связи 2G (GSM) -> 3G (CDMA) -> 4G (LTE) -> 5G (MIMO). Обобщенная структура приема-передающего тракта системы. Основные характеристики основных элементов структуры (полосы передающего и принимающего сигналов, частоты несущих, частоты АЦП, ЦАП, параметры дуплектора, выходные мощности усилителя). Модули линейной и нелинейной адаптивной коррекции в приеме-передающем тракте системы цифровой связи. Квадратурное представление комплексной огибающей сигналов. Структура цифрового КИХ-фильтра и его характеристики. Прохождение сигнала через КИХ-фильтр. Выход фильтра в виде линейной свертки. Понятие вектора состояния фильтра и вектора коэффициентов. Адаптивный фильтр как фильтр с изменяющимися коэффициентами. Понятие опорного сигнала. Ошибка адаптации и критерий минимума среднего квадрата ошибки. Временные соотношения сигналов в адаптивном линейном фильтре. Блочная обработка сигналов. Основные статистические свойства сигнала как стационарного эргодического случайного процесса. Корреляционная матрица и ее свойства. Оценка корреляционной матрицы сигнала по ограниченной выборке. Смещенные и несмещенные выборочные оценки..

2. Адаптация коэффициентов линейных цифровых корректоров аналоговых трактов базовой станции 4G/5G

2.1. Адаптация коэффициентов линейных цифровых корректоров аналоговых трактов базовой станции 4G/5G

Понятие скалярной и векторной функции скалярного и векторного аргумента. Понятие вектора градиента, Гессiana, Якобиана. Краткий обзор методов минимизации целевой функции. Анализ целевой функции минимума СКО как неголоморфной функции и обзор методов дифференцирования скалярной вещественнозначной функции векторного комплексного аргумента. Решение задачи адаптации коэффициентов КИХ-фильтра по критерию минимума СКО. Дифференцирование целевой функции по векторному аргументу. Уравнение Винера-Хопфа. Решение задачи минимизации при оценке корреляционной матрицы сигнала. LS алгоритм. Фильтр Винера. Обзор алгоритмов численного решения LS. LU-алгоритм, QR-алгоритм, SVD разложение корреляционной матрицы. Практические аспекты использования LS оценки при ограничении полосы сигнала. Регуляризация решения и использование псевдоинверсии для расчета коэффициентов фильтра. Метод градиентного спуска при адаптации фильтра. LMS алгоритм. Устойчивость LMS алгоритма и сходимость LMS и LS оценок в предельном переходе с уменьшением шага адаптации. Регуляризация LMS алгоритма методом утечки. RLS алгоритм адаптации линейного фильтра как результат итерационной оценки на основе Леммы об инверсии матрицы. Введение в адаптивную Калмановскую фильтрацию..

3. Введение в теорию адаптивной коррекции усилителей мощности передающего тракта базовой станции 4G/5G

3.1. Введение в теорию адаптивной коррекции усилителей мощности передающего тракта базовой станции 4G/5G

Нелинейные характеристики AM-AM AM-PM. Общее описание нелинейной модели. Ряд Вольтера. Построение системы адаптивной коррекции методами прямого и непрямого

обучения. Модель нелинейного усилителя без памяти. Способы аппроксимации нелинейной функции. Полиномиальная аппроксимация, преимущества и недостатки. Численная неустойчивость полиномиальной модели с ростом порядка полинома. Использование ортогональных полиномов для повышения численной устойчивости полиномиальной аппроксимации. Реализационные проблемы использования полиномиальных моделей усилителя мощности. Модель усилителя с линейной и нелинейной памятью. Полиномиальная модель с памятью. Структура корреляционной матрицы нелинейного адаптивного фильтра. Сравнение характеристик нелинейной аппроксимации моделей с памятью и без..

4. Многослойные адаптивные корректоры усилителей мощности передающего тракта базовой станции 4G/5G

4.1. Многослойные адаптивные корректоры усилителей мощности передающего тракта базовой станции 4G/5G

Многослойные модели, нелинейно зависящие от коэффициентов. Модель Винера и Гаммерштейна. Адаптация многослойных моделей методами стохастического градиентного спуска в реальном времени, методом градиентного спуска в блочном режиме, а также методом Ньютона. Введение в теорию нелинейной аппроксимации на основе нейронных сетей. Нейросетевые модели DPD с памятью. Адаптация нейронной сети методом обратного распространения ошибки. Построение нейронной сети в поле комплексных чисел. Проблемы адаптации нейросетевых структур. Обучение нейросети как невыпуклая задача оптимизации. Наличие локальных экстремумов при адаптации модели.

3.3. Темы практических занятий

1. Оценка статистических характеристик сигналов базовой станции 4G/5G;
2. Синхронизация сигналов в приеме-передающих трактов по времени, частоте, амплитуде и фазе для построения адаптивных корректоров;
3. Адаптация линейного корректора методами первого порядка: Стохастический градиентный спуск, градиентный спуск при блочной оценке;
4. Численная стабилизация LS оценки коэффициентов адаптивного корректора методом регуляризации Тихонова и при использовании SVD разложения корреляционной матрицы;
5. Линейная коррекция канала связи и компенсация квадратурного разбаланса модулятора и демодулятора базовой станции;
6. Адаптация нелинейного корректора усилителя мощности без памяти. Оценка оптимальных коэффициентов корректора методами первого и второго порядка;
7. Построение адаптивного нелинейного корректора усилителя мощности с линейной и нелинейной памятью;
8. Многослойные корректоры выходного усилителя, нелинейно зависящие от коэффициентов модели.

3.4. Темы лабораторных работ не предусмотрено

3.5 Консультации

Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Теоретические основы адаптивной цифровой обработки сигналов в базовой станции 4G/5G"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Адаптация коэффициентов линейных цифровых корректоров аналоговых трактов базовой станции 4G/5G"
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Введение в теорию адаптивной коррекции усилителей мощности передающего тракта базовой станции 4G/5G"
4. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Многослойные адаптивные корректоры усилителей мощности передающего тракта базовой станции 4G/5G"

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

| Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1) | Коды индикаторов | Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1) | | | | Оценочное средство (тип и наименование) |
|--|------------------|---|---|---|---|--|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Знать: | | | | | | |
| методы цифровой обработки сигналов для моделирования цифровой части приемопередающего тракта систем и комплексов связи 4G/5G | ИД-1ПК-1 | + | | | | Контрольная работа/Контрольная работа №1 по теме: Оценка статистических характеристик сигналов базовой станции 4G/5G |
| методы оценки оптимальных коэффициентов адаптивных фильтров, основанные на методах оптимизации первого и второго порядка | ИД-1ПК-1 | | + | | | Контрольная работа/Контрольная работа №2 по теме: Синхронизация сигналов приемо-передающих трактов по времени, частоте, амплитуде и фазе для построения адаптивных корректоров |
| методы предсказаний сигнала передатчика и посткоррекции аналогового тракта приемника | ИД-1ПК-1 | | | | + | Контрольная работа/Контрольная работа №4 по теме: Адаптивная компенсация нелинейных искажений выходного усилителя базовой станции мобильной связи |
| методы построения адаптивных идентификаторов линейных и нелинейных искажений аналоговых трактов радиоэлектронных систем и комплексов | ИД-1ПК-1 | | | + | | Контрольная работа/Контрольная работа №3 по теме: Адаптивная линейная коррекция неравномерности приемо-передающих трактов базовой станции мобильной связи |
| Уметь: | | | | | | |
| моделировать линейные и нелинейные искажения аналоговых трактов, а также структуры адаптивных корректоров | ИД-2ПК-1 | | | + | + | Контрольная работа/Контрольная работа №3 по теме: Адаптивная линейная коррекция неравномерности приемо-передающих трактов базовой станции мобильной связи Контрольная работа/Контрольная работа №4 по теме: Адаптивная компенсация нелинейных искажений выходного усилителя базовой станции мобильной связи |
| использовать методы адаптации при построении корректоров аналоговых трактов | ИД-2ПК-1 | | + | | | Контрольная работа/Контрольная работа №2 по теме: Синхронизация сигналов приемо-передающих трактов |

| | | | | | | |
|---------------|--|--|--|--|--|---|
| системы связи | | | | | | по времени, частоте, амплитуде и фазе для построения адаптивных корректоров |
|---------------|--|--|--|--|--|---|

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

9 семестр

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа №1 по теме: Оценка статистических характеристик сигналов базовой станции 4G/5G (Контрольная работа)
2. Контрольная работа №2 по теме: Синхронизация сигналов приемо-передающих трактов по времени, частоте, амплитуде и фазе для построения адаптивных корректоров (Контрольная работа)
3. Контрольная работа №3 по теме: Адаптивная линейная коррекция неравномерности приемо-передающих трактов базовой станции мобильной связи (Контрольная работа)
4. Контрольная работа №4 по теме: Адаптивная компенсация нелинейных искажений выходного усилителя базовой станции мобильной связи (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Зачет с оценкой (Семестр №9)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой составляющей

В диплом выставляется оценка за 9 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Джиган, В. И. Адаптивная фильтрация сигналов: теория и алгоритмы / В. И. Джиган . – М. : Техносфера, 2013 . – 528 с. – (Мир цифровой обработки) . - ISBN 978-5-94836-342-4 .;
2. Уидроу, Б. Адаптивная обработка сигналов : пер. с англ. / Б. Уидроу, С. Стирнз . – М. : Радио и связь, 1989 . – 440 с.;
3. Оппенгейм, А. Цифровая обработка сигналов : пер. с англ. / А. Оппенгейм, Р. Шафер . – 3-е изд., испр . – М. : Техносфера, 2012 . – 1048 с. – (Мир радиоэлектроники) . - ISBN 978-5-94836-329-5 .;
4. О. Р. Ерзунов- "Линеаризация тракта усиления радиотехнических сигналов методом предискажений: выпускная квалификационная работа магистра", Рязань, 2017 - (73 с.) <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=463494>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux;
3. Acrobat Reader;
4. Python;
5. GNU Octave.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
5. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Тип помещения | Номер аудитории, наименование | Оснащение |
|---|--|---|
| Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля | А-402, Учебная аудитория | парта, стул, доска меловая, колонки звуковые, мультимедийный проектор, доска маркерная, компьютер персональный, кондиционер |
| Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП | Б-318, Учебная аудитория | парта со скамьей, стул, стол письменный, доска меловая, доска маркерная, кондиционер |
| Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации | Ж-400д/10а, Учебная аудитория | парта со скамьей, стол преподавателя, стул, шкаф для одежды, доска меловая, кондиционер |
| | Б-318, Учебная аудитория | парта со скамьей, стул, стол письменный, доска меловая, доска маркерная, кондиционер |
| Помещения для самостоятельной работы | НТБ-302, Читальный зал отдела обслуживания учебной литературой | стул, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный |
| Помещения для консультирования | Ж-400/3, Консультационный зал каф. "РТС" | стол, стул, шкаф для документов, книги, учебники, пособия |
| Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря | Ж-400/9, Прочее каф. "РТС" | стеллаж для хранения книг, стул, книги, учебники, пособия |

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

5G/4G обработка сигналов в базовых станциях

(название дисциплины)

9 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Контрольная работа №1 по теме: Оценка статистических характеристик сигналов базовой станции 4G/5G (Контрольная работа)
- КМ-2 Контрольная работа №2 по теме: Синхронизация сигналов приемо-передающих трактов по времени, частоте, амплитуде и фазе для построения адаптивных корректоров (Контрольная работа)
- КМ-3 Контрольная работа №3 по теме: Адаптивная линейная коррекция неравномерности приемо-передающих трактов базовой станции мобильной связи (Контрольная работа)
- КМ-4 Контрольная работа №4 по теме: Адаптивная компенсация нелинейных искажений выходного усилителя базовой станции мобильной связи (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

| Номер раздела | Раздел дисциплины | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 |
|---------------|---|------------|------|------|------|------|
| | | Неделя КМ: | 4 | 8 | 12 | 16 |
| 1 | Теоретические основы адаптивной цифровой обработки сигналов в базовой станции 4G/5G | | | | | |
| 1.1 | Теоретические основы адаптивной цифровой обработки сигналов в базовой станции 4G/5G | | + | | | |
| 2 | Адаптация коэффициентов линейных цифровых корректоров аналоговых трактов базовой станции 4G/5G | | | | | |
| 2.1 | Адаптация коэффициентов линейных цифровых корректоров аналоговых трактов базовой станции 4G/5G | | | + | | |
| 3 | Введение в теорию адаптивной коррекции усилителей мощности передающего тракта базовой станции 4G/5G | | | | | |
| 3.1 | Введение в теорию адаптивной коррекции усилителей мощности передающего тракта базовой станции 4G/5G | | | | + | + |
| 4 | Многослойные адаптивные корректоры усилителей мощности передающего тракта базовой станции 4G/5G | | | | | |
| 4.1 | Многослойные адаптивные корректоры усилителей мощности передающего тракта базовой станции 4G/5G | | | | + | + |
| Вес КМ, %: | | | 25 | 25 | 25 | 25 |