

**Федеральное агентство связи
ордена Трудового Красного Знамени федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Московский технический университет связи и информатики»**



Утверждена советом факультета Р и Т
документа № 1 от 24 сентября 2020 года,

Председатель совета _____ А.В. Пестряков

ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ В МАГИСТРАТУРУ

по направлению

11.04.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»

Магистерская программа

«Системы радиосвязи, мобильной связи и радиодоступа»

Москва 2020

1 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ

Вступительные испытания предназначены для определения практической и теоретической подготовленности бакалавра и проводятся с целью определения соответствия знаний, умений и навыков студентов требованиям обучения в магистратуре по направлению 11.04.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» (магистерская программа «Системы радиосвязи, мобильной связи и радиодоступа»).

2 СОДЕРЖАНИЕ ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ

Вступительные испытания в магистратуру по направлению подготовки 11.04.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» (магистерская программа «Системы радиосвязи, мобильной связи и радиодоступа») проводятся в виде письменного вступительного экзамена по направлению подготовки.

На вступительном экзамене претенденту предлагается задание, состоящее из трёх блоков вопросов в виде тестов и задач, включающих в себя следующие разделы областей знаний: основы схемотехники, основы цифровой обработки сигналов, основы построения инфокоммуникационных систем и сетей.

Продолжительность экзамена составляет 2 часа без перерыва. Расписание экзаменов утверждается председателем приемной комиссии. Результаты экзамена оцениваются по 100-балльной системе оценивания.

В основу программы вступительного экзамена положены квалификационные требования, предъявляемые к бакалаврам по направлению подготовки 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», а именно наличие знаний в областях науки и техники, которые включают совокупность технологий, средств, способов и методов человеческой деятельности, направленных на создание условий для обмена информацией на расстоянии, ее обработки и хранения.

Целью вступительного экзамена в магистратуру по направлению 11.04.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» является проведение конкурсного отбора среди лиц, желающих освоить программу «Системы радиосвязи, мобильной связи и радиодоступа» специализированной подготовки магистра. Вступительный экзамен носит междисциплинарный характер и включает материал, предусмотренный ФГОС ВО по направлениям подготовки бакалавриата 11.03.02.

На вступительном экзамене претенденту предлагается задание, состоящее из трёх блоков вопросов, отражающих основные квалификационные требования, предъявляемые к бакалавру (специалисту) для решения профессиональных задач.

По результатам вступительного испытания поступающий имеет право подать в апелляционную комиссию письменное апелляционное заявление о нарушении, по его мнению, установленного порядка проведения испытания и (или) несогласии с результатами испытания.

СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА

Часть 1. Цифровая обработка сигналов.

Введение. Предмет ЦОС. Основные типы сигналов. Нормирование времени. Обобщенная схема ЦОС. Типовые дискретные сигналы. Нормирование частоты. Основная полоса частот.

Линейные дискретные системы (ЛДС). ЛДС: определение; свойства. Математическое описание ЛДС во временной области: импульсная характеристика (ИХ); соотношения

вход/выход: формула свертки, разностное уравнение; рекурсивные и нерекурсивные ЛДС; системы с конечной и бесконечной импульсной характеристикой (КИХ- и БИХ-системы); устойчивость ЛДС – определение, критерий устойчивости для временной области. Z -преобразование: определение; свойства; соотношение между комплексными p - и z -плоскостями; основные способы вычисления обратного Z -преобразования.

Математическое описание ЛДС в z -области: передаточная функция (ПФ) рекурсивных и нерекурсивных ЛДС; соотношения вход/выход в z -области; связь ПФ с разностным уравнением; карта нулей и полюсов; разновидности передаточной функции рекурсивных ЛДС; ПФ и ИХ рекурсивных звеньев 1-го и 2-го порядков; критерий устойчивости ЛДС для z -области. Структура (структурная схема) ЛДС: определение; связь с видом ПФ; структуры рекурсивных ЛДС (прямая и ее модификации, каскадная, параллельная) и нерекурсивных ЛДС (прямая). Математическое описание ЛДС в частотной области: частотная характеристика (ЧХ); АЧХ, ФЧХ – определение, свойства; связь ЧХ с ПФ; соотношения вход/выход в частотной области; расчет АЧХ и ФЧХ по ПФ; анализ АЧХ по карте нулей и полюсов.

Цифровые фильтры (ЦФ). ЦФ: определение; классификация; основные этапы проектирования; задание требований к АЧХ и АЧХ (дБ). КИХ-фильтры с линейной ФЧХ (ЛФЧХ): условия линейности ФЧХ; четыре типа КИХ-фильтров с ЛФЧХ; прямая приведенная структура КИХ-фильтра. Синтез КИХ-фильтров с ЛФЧХ: метод окон (прямоугольное окно, окно Кайзера и др.); метод наилучшей равномерной (чебышевской) аппроксимации. Синтез БИХ-фильтров: методы на основе аналогового-фильтра-прототипа (АФП) Баттерворта, Чебышева I-го и II-го рода, Золотарева–Кауэра: метод инвариантности ИХ; метод билинейного Z -преобразования.

Эффекты квантования в ЦФ. Источники ошибок квантования в цифровых системах с фиксированной точкой (ФТ). Шум квантования АЦП. Собственный шум цифровой системы. Ошибки квантования коэффициентов ПФ. Полный шум цифровой системы. Переполнение в сумматорах, масштабирование. Понятие о предельных циклах низкого уровня.

Описание дискретных сигналов в частотной области. Спектральная плотность дискретного сигнала и ее свойства. Связь между спектральными плотностями дискретного и аналогового сигналов. Простейшие операции со спектральными плотностями: перенос, инверсия, формирование сигнала с ОБП.

Дискретное преобразование Фурье (ДПФ). ДПФ периодических последовательностей и последовательностей конечной длины. Свойства ДПФ. Вычисление круговых, линейных и секционированных свертки с помощью ДПФ. Понятие о спектральном анализе сигналов с помощью ДПФ.

Быстрое преобразование Фурье (БПФ). Оценка вычислительной сложности ДПФ. Определение БПФ. БПФ Кули-Тьюки с прореживанием по времени: алгоритм; начальные условия алгоритма (прореживание отсчетов исходной последовательности); оценка вычислительной сложности. Вычисление ОДПФ с помощью БПФ.

Рекомендуемая литература.

1. Афанасьев А.А., Рыболовлев А.А., Рыжков А.П. Цифровая обработка сигналов. Учебное пособие для вузов. - М.: Горячая линия - Телеком, 2017 - 356с.
2. Брюханов Ю.А., Цифровые цепи и сигналы. Учебное пособие для вузов. 3-е изд. перераб. и доп. - М.: Горячая линия - Телеком, 2017 - 160с.
3. Солонина А.И., Цифровая обработка сигналов в зеркале MATLAB: учеб. пособие. — СПб.: БХВ-Петербург, 2018. — 560 с
4. Гадзиковский В.И. Цифровая обработка сигналов. - М.: Солон-Пресс, 2013. — 766 с.
5. Лобов Е.М., Лобова Е.О., Терешонок М.В., Рауткин Ю.В., Анализ и синтез цифровых фильтров. Учебно-методическое пособие - М.: Брис-М, 2018 - 166с.

Часть 2. Схемотехника телекоммуникационных устройств

Введение. Определение, классификация и области применения аналоговых, цифровых, аналого-цифровых и цифро-аналоговых электронных устройств и их место в современной телекоммуникационной аппаратуре.

Основные технические показатели и характеристики аналоговых электронных устройств. Функциональная и обобщенная структурная схемы электронного усилителя. Линейный и нелинейный, стационарный и переходный режимы работы усилителя. Основные показатели и характеристики, определяющие эффективность работы усилителя. Входные и выходные параметры усилителя.

Принципы электронного усиления аналоговых сигналов и построения усилителей. Упрощенная принципиальная схема одиночного каскада усилителя. Три способа включения транзистора в схему усилительного каскада. Виды межкаскадной связи в многокаскадных усилителях.

Обратная связь (ОС) в электронных устройствах. Виды ОС. Основные способы обеспечения отрицательной ОС и влияние ее на показатели и характеристики усилителей аналоговых сигналов. Устойчивость усилителей, охваченных отрицательной ОС, оценка устойчивости усилителя на основе физических представлений (баланс амплитуд и фаз). Частотный критерий устойчивости Найквиста. Запасы устойчивости. Применение положительной ОС в генераторах аналоговых сигналов.

Обеспечение и стабилизация режимов работы транзисторов по постоянному току. Цепи питания и смещения, обеспечивающие режим работы транзистора по постоянному току. Нестабилизированные и стабилизированные цепи смещения. Стабилизация режима работы транзисторов с помощью отрицательной ОС. Стабилизация режима работы транзисторов в многокаскадных усилителях с непосредственной связью. Явление дрейфа нуля. Генераторы стабильного тока и напряжения и их использование для стабилизации токов покоя транзисторов.

Каскады предварительного усиления. Требования, предъявляемые к каскадам предварительного усиления и особенности их анализа, связанные с малым уровнем входного сигнала. Применение эквивалентных схем для анализа каскадов предварительного усиления. Модели усилительных элементов, используемые при этом анализе. Значение компьютерных методов расчета при разработке аналоговых электронных устройств, изготавливаемых по интегральной технологии. Упрощение эквивалентных схем для проведения расчетов, не связанных с применением компьютеров. Резисторные апериодические каскады предварительного усиления, их принципиальные и эквивалентные схемы Широкополосные (импульсные) усилительные каскады. Применение высокочастотной и низкочастотной коррекций. Площадь усиления резисторного каскада без ОС и с частотнонезависимой отрицательной ОС. Усилительный каскад с транзистором, включенным с общим управляемым электродом. Повторители напряжения. Дифференциальный усилительный каскад. Принципиальная схема и основные свойства каскада. Коэффициенты усиления по синфазному и противофазному сигналам.

Оконечные усилительные каскады. Требования, предъявляемые к оконечным каскадам и особенности их анализа, вызванные большим уровнем входного сигнала. Особенности ручного и компьютерного анализа каскадов. Режимы работы транзисторов в усилительных каскадах. Однотактный трансформаторный оконечный усилитель. Построение выходных нагрузочных характеристик по постоянному и переменному токам. Двухтактные оконечные каскады. Особенности работы и свойства двухтактных каскадов. Режимы работы транзисторов и нелинейные искажения выходного сигнала. Основные разновидности бестрансформаторных двухтактных каскадов. Способы повышения энергетической эффективности оконечных каскадов.

Функциональные узлы на базе операционных усилителей (ОУ). Основные свойства ОУ. Типовые структуры и каскады ОУ. Применение глубокой отрицательной обратной

связи в ОУ для создания устройств аналоговой обработки сигналов. Компьютерные модели ОУ. Аналоговые устройства на ОУ, осуществляющие математические операции над входными сигналами. Применение глубокой отрицательной ОС в ОУ. Инвертирующие и неинвертирующие усилители и повторители напряжения входного сигнала. Устройства на ОУ, осуществляющие линейные операции и нелинейные операции над сигналами. Перемножители на дифференциальных каскадах с управляемым усилением. Активные RC-фильтры на ОУ. Аппроксимации амплитудно-частотных характеристик фильтров. Обобщенная структурная схема активного RC-фильтра на ОУ и передаточная функция такого фильтра. Примеры построения схем активных RC-фильтров первого и второго порядков. Компьютерный синтез и моделирование фильтров.

RC-генераторы гармонических колебаний на ОУ. Стабильность частоты генерируемых колебаний. Применение отрицательной нелинейной ОС в RC-генераторах для повышения стабильности амплитуды колебаний. Компаратор напряжения на ОУ. Сквозная передаточная характеристика компаратора. Применение положительной ОС в компараторах на ОУ.

Логические основы цифровой техники. Понятие о логической функции и логическом устройстве. Способы задания логических функций: аналитический, табличный. Таблицы истинности логических функций. Представление логических функций, заданных таблицами истинности, в базисах И, ИЛИ, НЕ; И-НЕ; ИЛИ-НЕ. Синтез логических устройств в базисах И, ИЛИ, НЕ; И-НЕ; ИЛИ-НЕ.

Элементная база цифровой техники. Физическое представление логических уровней. Основные параметры, характеристики логических элементов (коэффициенты объединения по входу, разветвления по выходу, передаточная характеристика). Активные и пассивные логические уровни элементов И-НЕ, ИЛИ-НЕ. Схемная реализация элементов НЕ, И-НЕ, ИЛИ-НЕ в технологиях ТТЛ, nМОП, КМОП. Серии интегральных схем, их функциональный состав.

Узлы цифровых устройств. Триггеры. Назначение, типы триггеров, их условное обозначение. Таблицы переходов и структуры RS-, JK-, D-, T-триггеров. Шифраторы, дешифраторы, преобразователи кодов. Назначение, структуры. Мультиплексоры, демультиплексоры. Назначение, структуры. Регистры. Параллельные, последовательные регистры. Их назначение, структуры. Счетчики. Назначение и типы счетчиков. Десятичный счетчик. Делители частоты импульсной последовательности. Программируемые логические устройства с матричной структурой, их структура, приемы программирования. Полупроводниковые запоминающие устройства. Классификация и параметры запоминающих устройств. Оперативное запоминающее устройство. Постоянное запоминающее устройство. Перепрограммируемые постоянные запоминающие устройства.

Устройства сопряжения аналоговых и цифровых электронных узлов. Аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи информации (АЦП и ЦАП). Структуры АЦП и ЦАП. Параллельная и последовательная схемы АЦП. Ошибки квантования АЦП. 4-разрядная схема ЦАП. Разрешающая способность и точность ЦАП.

Заключение. Перспективы развития электронных устройств и методов их анализа и проектирования.

Рекомендуемая литература.

1. Архипов С.Н. Практикум по аналоговой схемотехнике устройств телекоммуникаций [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Архипов С.Н., Шушнов М.С.— Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2014.— 154 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/55491>.— ЭБС «IPRbooks»

2. Архипов С.Н. Схемотехника телекоммуникационных устройств [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие/ Архипов С.Н.— Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Сибирский государственный университет телекоммуникаций и

информатики, 2015.— 101 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/55502>.— ЭБС «IPRbooks»

3. Лоскутов Е.Д. Схемотехника аналоговых электронных устройств [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Лоскутов Е.Д.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Вузовское образование, 2016.— 264 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/44037>.— ЭБС «IPRbooks»

4. Перепелкин Д.А. Схемотехника усилительных устройств [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов/ Перепелкин Д.А.— Электрон. текстовые данные.— М.: Горячая линия - Телеком, 2013.— 238 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/37138>.— ЭБС «IPRbooks»

5. Павлов В.Н. Схемотехника аналоговых электронных устройств: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2008.

6. Логвинов В.В., Фриск В.В. Схемотехника телекоммуникационных устройств, радиоприемные устройства систем мобильной и стационарной радиосвязи, теория электрических цепей. Лабораторный практикум – II на персональном компьютере. – М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2011. – 656 с.

7. Логвинов В.В., Матвеева О.В., Простов С.П. Образцы тестовых заданий по основным дисциплинам кафедры «Радиоприемные устройства» - М.: АДВИ Групп, 2010. – 43 с.

Часть 3. Основы построения инфокоммуникационных систем и сетей

Базовые принципы построения инфокоммуникационных систем и сетей.

Классификация инфокоммуникационных систем. Основные характеристики инфокоммуникационных систем. Многоуровневая архитектура инфокоммуникационных систем. Эталонная семиуровневая модель взаимодействия открытых систем Передача данных в семиуровневой модели. Общие принципы построения и структура Единой сети электросвязи (ЕСЭ) РФ, понятие о первичной и вторичных сетях связи, транспортной сети связи и абонентской сети доступа. Архитектура сети связи, сетевые топологии. Понятие о коммутации каналов, сообщений и пакетов. Понятие о маршрутизации в сетях связи. Иерархия цифровой системы передачи информации. Синхронная и плезиохронная цифровая иерархия.

Характеристики первичных сигналов. Виды и особенности формирования первичных сигналов (телефонного, передачи данных, звукового и телевизионного вещания и т.п.). Основные характеристики первичных сигналов. Уровни передачи. Понятие об оценке качества передачи сигналов в инфокоммуникационных системах и сетях.

Типовые каналы связи и их характеристики. Основные характеристики проводных линий связи. Основные характеристики волоконно-оптических линий связи. Радиолиния. Диапазоны волн, используемых в радиолинии. Основные закономерности распространения радиоволн. Ослабление сигнала в свободном и околоземном пространстве, энергетический потенциал радиолинии. Шумы и помехи. Замирания радиосигналов, методы борьбы с ними. Структурная схема и состав радиолинии. Функциональное назначение элементов радиолинии. Структурные схемы передающих устройств. Виды модуляции несущей. Приемные устройства. Схемы и характеристики приемных устройств. Антенны и фидерные линии. Диаграмма уровней.

Принципы построения многоканальных систем передачи. Классификация ортогональных сигналов и способов разделения каналов. Принципы уплотнения и разделения каналов в многоканальных системах передачи информации. Частотное, временное и кодовое разделение. Помехи, искажения и рассогласования в системах с частотным, временным и кодовым разделением каналов. Ортогональное частотное мультиплексирование (OFDM). Выбор параметров OFDM сигнала.

Принципы построения цифровых инфокоммуникационных систем. Преимущества и недостатки цифровых методов передачи информации. Преобразования аналоговых сигналов в цифровые (дискретизация по времени, квантование по уровню, кодирование). Цифровые сигналы и их спектры. Фильтр Найквиста. Глаз-диаграмма. Понятие о видах

синхронизации в цифровых системах передачи информации. Принципы регенерации цифровых сигналов. Виды модуляции цифровых сигналов. Демодуляция цифровых сигналов. Понятие о помехоустойчивом кодировании. Спектрально-эффективные методы модуляции, предел Шеннона.

Радиорелейные линии (РРЛ). Принципы построения РРЛ. Методы расчета РРЛ. Цифровые РРЛ. Основы проектирования РРЛ.

Спутниковые линии связи. Терминология и основные понятия. Типы орбит спутников. Наземный и космический сегменты спутниковой системы связи. Особенности расчета спутниковых линий радиосвязи.

Системы телерадиовещания. Особенности построения современных систем телерадиовещания. Особенности распространения радиоволн, используемых для наземного телерадиовещания. Модель системы наземного цифрового телерадиовещания. Одночастотные и многочастотные сети цифрового телерадиовещания.

Принципы построения систем подвижной связи. Сотовые системы подвижной связи. Классификация систем подвижной связи. Архитектура сотовых систем связи. Понятие о частотно-территориальном планировании сети подвижной (сотовой) связи. Поколения сотовых систем связи.

Рекомендуемая литература.

1. Телекоммуникационные системы и сети: Учебное пособие. В 3 томах. Том 1. – Современные технологии / Б. И. Крук, В. Н. Попантонопуло, В. П. Шувалов; под ред. профессора В. П. Шувалова. – Изд. 4-е, испр. и доп. – М.: Горячая линия–Телеком, 2018. – 620 с.
2. Телекоммуникационные системы и сети: Учебное пособие. В 3 томах. Том 2. – Радиосвязь, радиовещание, телевидение / Под ред. профессора В. П. Шувалова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Горячая линия – Телеком, 2017. – 564 с.
3. Телекоммуникационные системы и сети: Учебное пособие. В 3 томах. Том 3. – Мультисервисные сети / В. В. Величко, Е. А. Субботин, В. П. Шувалов, Е. В. Кокорева; под редакцией профессора В. П. Шувалова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Горячая линия – Телеком, 2017. – 540 с.
4. Основы проектирования цифровых радиорелейных линий связи. Учебное пособие для ВУЗов. / Под ред. профессора М.А.Быховского. – М.:Горячая линия-Телеком, 2014.
5. Немировский М. С., Локшин Б. А., Аронов Д. А. Основы построения систем спутниковой связи / Под редакцией доктора техн. наук, профессора М. С. Немировского. – М.: Горячая линия – Телеком, 2016. – 432 с.
6. Основы частотного планирования сетей телевизионного вещания. Учебное пособие для вузов / М. А. Быховский, В. Г. Дотолев, А. В. Лашкевич и др.; Под ред. профессора М. А. Быховского. – М.: Горячая линия – Телеком, 2017. – 306 с.
7. Лохвицкий М.С., Сорокин А.С., Шорин О.А. Мобильная связь: стандарты, структуры, алгоритмы, планирование. – М.:Горячая линия-Телеком, 2018.

Председатель экзаменационной комиссии

А.В. Пестряков