

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого»
Институт электронных и информационных систем

Кафедра радиосистем



И. Эминов
2017 г.

РАДИОАВТОМАТИКА

Учебный модуль по направлению подготовки
11.03.01 Радиотехника
ПРОФ Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов
Рабочая программа

СОГЛАСОВАННО

Начальник учебного отдела

О. Б. Широколобова
31 01 2017 г.

Разработал

доцент кафедры РС

И. Н. Жукова
10 01 2017 г.

Принято на заседании кафедры РС

Протокол № 108 от 13.01 2017 г.

заведующий кафедрой РС

И. Н. Жукова
10 01 2017 г.

1 Цели и задачи учебного модуля

Цели учебного модуля (УМ): изучение и приобретение навыков проектирования автоматических систем, широко используемых в радиоаппаратуре для решения задач селекции, фильтрации, демодуляции, синхронизации сигналов, стабилизации их частоты, амплитуды и решения других задач.

Задачи УМ:

- изучение основ теории систем автоматического регулирования;
- овладение методами проектирования и моделирования следящих систем.

2 Место учебного модуля в структуре ОП направления подготовки

УМ БП.Б.8 Радиоавтоматика входит в блок Б1 базового учебного плана направления подготовки 11.03.01 - Радиотехника. Формируемые компетенции определены Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 11.03.01 Радиотехника (уровень бакалавриата).

- БЕ.Б.1 Математика;
- БЕ.Б.2 Физика
- БП.Б.7 Радиотехнические цепи и сигналы

Модуль формирует теоретическую базу, необходимую для освоения учебных модулей как бакалавриата: БП.Б.8 Радиотехнические системы, так и магистерской подготовки по направлению 11.04.01 Радиотехника: БО.В.2 Теория и техника радиолокации и радионавигации.

3 Требования к уровням освоения содержания дисциплины

В результате освоения УМ «Радиоавтоматика» студенты должны овладеть следующими компетенциями:

- готовностью выполнять расчет и проектирование деталей, узлов и устройств радиотехнических систем в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования (ПК-6);

Код	Уровень освоения	Структура компетенции		
		Знать	Уметь	Владеть
ПК-6	повышенный	- теоретические основы электротехники и схемотехники; - теоретические основы аналоговой и цифровой схемотехники; - теоретические основы схемотехники СВЧ устройств; - этапы проектирования и разработки деталей, узлов и устройств; - основы работы с САПР;	- формировать из исходной информации набор входных данных для проектирования; - проводить расчёт и проектирование деталей, узлов и устройств радиотехнических систем, в том числе специализированных (цифровых, аналоговых и СВЧ); - создавать собственные проекты с помощью САПР; - Производить выбор САПР, соответствующих задачам;	- навыками разработки и проектирования узлов, деталей и устройств, в том числе специализированных с помощью САПР;

4 Структура и содержание учебного модуля

4.1 Трудоемкость дисциплины и формы аттестации

Учебная работа (УР)	Всего	Распределение по семестрам	Коды формир-х компет-й
		6	
Трудоемкость модуля в зачетных единицах (ЗЕТ)	6	6	ПК-6
Распределение трудоемкости по видам УР в академических часах (АЧ):	216	216	
- лекции	36	36	
- практические занятия	27	27	
- лабораторные работы	27	27	
- аудиторная СРС	18	18	
- внеаудиторная СРС	126	126	
Курсовая работа			
Аттестация: экзамен	36	-	

4.2 Содержание и структура учебного модуля

1. Общая характеристика и описание систем радиоавтоматики. (6 часов)
2. Линейные системы радиоавтоматики. (14 часов)
3. Оптимальные и адаптивные системы радиоавтоматики. Понятие о синтезе РАС. (4 часа)
4. Нелинейные системы радиоавтоматики. (4 часа)
5. Дискретные и цифровые системы радиоавтоматики. (8 часов)

Календарный план, наименование разделов учебного модуля с указанием трудоемкости по видам учебной работы представлены в технологической карте учебного модуля (приложение Б).

4.3 Лабораторный практикум (27 часов)

Лабораторные занятия состоят из двух частей: общей и индивидуальной.

Часть 1: (19 часов)

1. Использование программного комплекса «VisSim» для анализа динамики линейных и линейризованных САР, описываемых в переменных «ВХОД-ВЫХОД» (6 часа)
2. Типовые звенья линейных систем. Построение и изучение переходных функций. (6 часа)
3. Типовые звенья линейных систем. Построение и изучение частотных характеристик. (3 часа)
4. Исследование устойчивости и оптимизация САР (4 часа)

Часть 2: Проектирование дискретной системы радиоавтоматики по ее аналоговому прототипу (8 часов)

Варианты индивидуальных заданий для выполнения части 2 цикла лабораторных работ представлены в фонде оценочных средств.

Пример варианта индивидуального задания представлен в приложении Е рабочей программы.

4.4 Практические занятия (27 часов)

Разработка компьютерной модели проектируемой в части 2 лабораторного цикла системы радиоавтоматики. Исследование ее характеристик и эффективности функционирования.

4.6 Организация изучения учебного модуля

Изучение УМ организовано в форме следующих занятий:

Лекционные занятия проводятся в форме информационных лекций-презентаций.

Лабораторные и практические занятия проводятся в компьютерном классе.

Выполнение и защита лабораторных работ и задания на практику осуществляется индивидуально.

Самостоятельная работа студентов (аудиторная и внеаудиторная) включает закрепление теоретических знаний по изучаемым разделам дисциплины, приобретение умений и навыков по использованию ПК VisSim; создание отчетов и подготовка к защите лабораторных работ, выполнение задания по практике.

Методические рекомендации по организации изучения УМ с учетом использования в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения учебных занятий даются в Приложении А.

5 Контроль и оценка качества освоения учебного модуля

Контроль качества освоения студентами УМ и его составляющих осуществляется непрерывно в течение всего периода обучения с использованием балльно-рейтинговой системы (БРС), являющейся обязательной к использованию всеми структурными подразделениями университета.

Для оценки качества освоения модуля используются формы контроля: текущий – регулярно в течение всего семестра; рубежный – на девятой неделе семестра; семестровый – по окончании изучения УМ.

Оценка качества освоения модуля осуществляется с использованием фонда оценочных средств, разработанного для данного модуля, по всем формам контроля в соответствии с положением от 25.03.2014 № 32 «Об организации учебного процесса по образовательным программам высшего образования».

Содержание видов контроля и их график отражены в технологической карте учебного модуля (Приложение Б).

Оценка качества освоения модуля осуществляется с использованием фонда оценочных средств, разработанного для данного модуля, по всем формам контроля в соответствии с положением «О фонде оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации студентов и итоговой аттестации выпускников» от 25.06.2013. В качестве оценочных средств на протяжении семестра используются: разноуровневые задачи и экзаменационные билеты.

6 Учебно-методическое и информационное обеспечение учебного модуля представлено картой учебно-методического обеспечения (Приложение В)

7 Материально-техническое обеспечение учебного модуля

Для проведения лекционных занятий, лабораторных занятий и аудиторной самостоятельной работы студентов по дисциплине необходима аудитория, оборудованная проектором, экраном и компьютерами с операционной системой Windows и установленным на них интегрированным пакетом Open Office (Microsoft Office), а также программный комплекс VisSim или «Моделирование в технических устройствах» («МВТУ»).

Приложения (обязательные):

А – Методические рекомендации по организации изучения учебного модуля

Б – Технологическая карта

В - Карта учебно-методического обеспечения УМ

Приложение А (обязательное)

Методические рекомендации по организации изучения учебной дисциплины «Радиоавтоматика»

Цели и задачи занятий:

Закрепить теоретические знания и развить практические навыки по сбору и анализу исходных данных для расчета и проектирования систем радиоавтоматики, математическому моделированию динамических систем по типовым методикам, с использованием стандартных пакетов прикладных программ.

Структура и содержание основных разделов:

1. Общая характеристика и описание систем радиоавтоматики.

- 1.1 Роль управления в науке, технике, обществе. Предмет и задачи дисциплины «Радиоавтоматика» (РА). Краткие сведения из истории развития систем РА и теории автоматического управления. Понятие о системах автоматического и автоматизированного управления. Радиоуправление. РА как раздел технической кибернетики. Типовые задачи, решаемые РАС. Основные термины и определения теории автоматического управления. Процесс управления. Цель управления и регулирования.
- 1.2 Описание физических процессов в РАС. Координаты возмущений, воздействий. Статический и динамический объекты управления. Уравнения динамики и статики. Алгоритмы функционирования и регулирования РАС. Фундаментальные принципы управления: принцип разомкнутого управления, принцип компенсации, принцип замкнутого управления (обратной связи). Примеры РАС: системы подстройки частоты (АПЧ), и фазы (АПФ), автоматической регулировки усиления (АРУ), слежения по направлению, по дальности и т. д. Виды управляющих и возмущающих воздействий. Понятие «ошибка» и «отклонение». Статическая и астатическая системы.
- 1.3 Обобщенная функциональная схема САУ. Составные элементы автоматической системы: датчик рассогласования, исполнительное и корректирующие устройства, объект управления (регулирования). Система РА, как частный пример САУ. Типовые составные элементы РАС: дискриминатор (датчик рассогласования), сглаживающая цепь и цепь формирования алгоритма управления (исполнительное и корректирующие устройства), управляемый генератор опорных сигналов (объект управления). Классификация САУ по характеру функционирования, по характеру внутренних динамических процессов, по наличию контуров управления и характеру связей между ними. Обратная связь, её роль в повышении эффективности управления. Достоинства и недостатки управления с обратной связью.

2. Линейные системы радиоавтоматики.

- 2.1. Математическое описание системы управления с помощью алгебраических и дифференциальных уравнений. Линеаризация уравнений. Представление динамических систем через типовые динамические звенья. Основные разновидности типовых динамических звеньев. Правила структурных преобразований. Передаточные функции (ПФ), частотные (АФЧХ, АЧХ, ФЧХ, ЛАЧХ, ЛФЧХ) и временные (ПХ, ИХ) характеристики типовых звеньев. Понятие о ПФ разомкнутой системы. Связь характеристик разомкнутой и замкнутой системы. ПФ замкнутой системы по ошибке, по выходу, по ошибке относительно мешающего воздействия. Импульсная (ИХ) и переходная (ПХ) характеристики замкнутой системы, как описание РАС во временной области. Применение асимптотических ЛАЧХ и ЛФЧХ.
- 2.2. Понятие устойчивости и её физический смысл. Устойчивость «в малом», «в большом», «в целом». Асимптотическая устойчивость. Решение однородного

дифференциального уравнения, как прямой метод анализа устойчивости. Связь корней характеристического уравнения с видом переходного процесса в замкнутой системе. Косвенные методы анализа устойчивости: алгебраические и частотные. Критерии устойчивости Гурвица, Михайлова, Найквиста. Их достоинства, недостатки и области применения. Факторы, влияющие на устойчивость. Понятие о запасах устойчивости. Использование логарифмических характеристик для анализа устойчивости РАС. Абсолютно и условно устойчивые системы. Правило «переходов» Цыпкина.

- 2.3. Требования к системам управления по запасу устойчивости, статической ошибке, качеству переходного процесса, динамическим ошибкам. Типовые испытательные сигналы и их математические модели. Методы анализа качества систем при детерминированных воздействиях. Детерминированные (полигармонические, полиномиальные и др.) и стохастические (белый шум, окрашенный шум) воздействия. Точность систем. Ошибки слежения в установившемся режимах. Ошибки статическая, скоростная и по ускорению. Ошибки при гармоническом воздействии. Понятие об астатизме систем. Оценка параметров качества САУ и САР.
- 2.4. Показатели качества переходного процесса (быстродействия) САУ. Основные испытательные сигналы для анализа временных характеристик. Анализ переходных процессов при детерминированных воздействиях, приложенных в разных точках контура управления, методом преобразования Лапласа. Ошибки слежения в переходном и установившемся режимах при детерминированных внешних воздействиях. Определение ошибок слежения с помощью коэффициентов ошибок. Прямые и косвенные методы оценки быстродействия (длительности переходного процесса) системы управления. Влияние астатизма системы на точность РАС.
- 2.5. Принципы действия основных разновидностей РАС. Функциональные схемы и математическое описание РАС, сведение их к обобщенной следящей системе. Обобщенные функциональная и структурная схемы (математические модели) следящих РАС. Основные элементы обобщенной РАС. Уравнения замкнутой следящей системы относительно выходного процесса и ошибки слежения. Главная передаточная функция. Передаточные функции замкнутой системы по ошибке и по возмущению. Частотные характеристики.
- 2.6. Системы частотной автоподстройки частоты (ЧАП). Системы фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ). Слежение за частотой и фазой сигнала. Системы стабилизации частоты и фазы сигнала. Системы автоматической регулировки (стабилизации) усиления (АРУ). Системы слежения за временным положением импульсов. РАС слежения за направлением прихода радиоволн. Системы углового сопровождения цели. Системы сопровождения по дальности. РАС настройки и подстройки контуров. Основные элементы РАС и их математическое описание. Дискриминаторы и их статические эквиваленты. Объекты управления РАС: устройства управления положением диаграммы направленности (электромеханические и с ФАР); устройства управляемой временной задержки; генераторы, управляемые по частоте и фазе.
- 2.7. Виды случайных процессов, характерные для РАС. Стохастические (белый шум, окрашенный шум) внешние воздействия на САУ, их корреляционные функции и функции спектральных плотностей. Флуктуационные характеристики дискриминаторов. Определение параметров случайных процессов в линейных системах в установившемся режиме. Определение дисперсии ошибки слежения с помощью стандартных интегралов. Понятие об эквивалентной шумовой полосе системы. Определение параметров случайных процессов в переходном режиме. Понятие памяти следящей системы при замирании сигнала и действии шумов. Анализ качества функционирования системы управления при случайных воздействиях, описывающих изменения полезного параметра и помехи. Прохождение случайного

процесса через звенья системы управления. Эквивалентная шумовая полоса системы управления. Оценка дисперсии ошибки в установившемся режиме. Оценка среднего квадрата ошибки при одновременно действующих детерминированных и случайных воздействиях. Минимизация эффективного значения ошибки методом оптимизации параметров. Графический метод определения среднего квадрата ошибки.

3. Оптимальные и адаптивные системы радиоавтоматики. Понятие о синтезе РАС

- 3.1 Задачи синтеза РАС. Методы синтеза линейных САР. Частотный метод. Инженерный метод синтеза минимально-фазовых систем с помощью ЛАЧХ. Понятие «неизменяемой» и «желаемой» ЛАЧХ. Корректирующие устройства: разновидности, способы включения, эффективность коррекции, взаимозаменяемость. Синтез параметров системы управления частотными методами по заданным показателям качества.
- 3.2 Постановка задачи оптимального синтеза. Критерии оптимизации. Синтез фильтров РАС методами теории оптимальной линейной фильтрации. Сведение задачи синтеза фильтра в контуре следящей системы к общей задаче оптимальной линейной фильтрации. Фильтры Винера и Калмана. Условия физической реализуемости фильтров. Интегральное уравнение для импульсной и переходной функции оптимального линейного фильтра. Определение коэффициента передачи оптимального линейного фильтра.

4. Нелинейные системы радиоавтоматики.

- 4.1. Особенности процессов в нелинейных системах. Основные виды нелинейности, присущие типовым элементам РАС и их влияние на работу систем. Правила построения обобщенной статической характеристики нескольких существенных нелинейностей. Захват и срыв сопровождения. Приближенные методы оценки условий срыва слежения. Влияние на работу РАС нелинейности дискриминатора. Краткая характеристика методов анализа нелинейных РАС. Методы анализа процессов в нелинейных системах. Метод кусочно-линейной аппроксимации. Понятие о методе статической линеаризации. Методы гармонической линеаризации и гармонического баланса. Применение метода статической линеаризации для определения установившихся значений математического ожидания и дисперсии ошибки слежения в нелинейной системе.
- 4.2. Нелинейная система ЧАП. Дифференциальное уравнение. Точки стационарного режима. Полосы захвата и синхронизма. Регулировочная характеристика ЧАП в прямом и обратном включении ЧД. Коэффициент автоподстройки. Нелинейная система ФАПЧ. Дифференциальное уравнение. Уравнение стационарного режима. Режимы работы системы ФАПЧ. ФАПЧ без фильтра, с интегрирующим и пропорционально-интегрирующим фильтром. Методы фазовой плоскости и точечных преобразований. Применение метода фазовой плоскости для анализа нелинейных систем ФАПЧ и ЧАП при детерминированных воздействиях. Условия устойчивости автоколебательного режима в нелинейных системах.

5. Дискретные и цифровые системы радиоавтоматики.

- 5.1 Системы прерывистого регулирования. Понятие импульсного элемента. Дискретные системы ФАП. Условия эквивалентности свойств дискретных и непрерывных систем управления. Выбор периода дискретизации. Методы математического описания дискретных систем с помощью разностных уравнений; с помощью дискретного преобразования Фурье, Лапласа и Z-преобразования; с помощью билинейного W-преобразования. Устойчивость дискретных РАС и её физический смысл. Методы анализа детерминированных и случайных процессов в линейных дискретных системах. Алгебраический и частотный методы анализа асимптотической устойчивости дискретных систем. Использование W-преобразования для анализа устойчивости дискретных систем. Показатели качества управления дискретных РАС.

Оценка ошибок слежения в установившемся режиме. Методы оценки быстродействия. Анализ прохождения через дискретные системы случайных воздействий. Оценка дисперсии ошибки слежения в установившемся режиме. Пример дискретной РАС с оценкой показателей качества её работы.

- 5.2 Преимущества и недостатки цифровых систем управления по сравнению с аналоговыми. Проблемы использования цифровых методов обработки сигналов и процессов в РАС. Математическое описание цифровых систем управления. Методы анализа цифровых систем управления: сведение к линейным дискретным системам, переход к эквивалентным непрерывным системам. Аналого-цифровые и чисто цифровые РАС на примере систем ФАП. Элементы цифровых систем: АЦП, ЦАП, цифровые дискриминаторы, фильтры и т. д. Применение ФАПЧ в синтезаторах частоты..

Методы и средства проведения занятий:

Лекционные занятия целесообразно проводить следующим образом: краткое обсуждение материала прошлых лекций, изложение нового теоретического материала, обсуждение вновь усвоенного.

Лабораторные занятия в основном строятся следующим образом:

Часть 1:

- 80% аудиторного времени – выполнение лабораторной работы с консультациями в текущем режиме по ходу выполнения задания;
- 20% аудиторного времени защита отчета.

Часть 2:

- самостоятельное выполнение индивидуального задания с консультациями по необходимости во время занятий
- контроль выполнения отдельных разделов индивидуального задания
- в конце курса обучения защита отчета с описанием результатов проектирования дискретной системы радиоавтоматики по ее аналоговому прототипу

Практические занятия предполагают разработку компьютерной модели проектируемой в части 2 лабораторного цикла системы радиоавтоматики. Поэтому в ходе занятий рекомендуется обсудить со студентами следующие вопросы:

- 1) выбрать пакет моделирования (VisSim, LabView, «МВТУ»)
- 2) функциональную схему следящей системы и способа ее программной реализации в выбранном пакете моделирования
- 3) функциональную схему модели формирования входного воздействия
- 4) методы исследования спроектированной системы

Методические рекомендации по теоретической части учебного модуля

Для успешного усвоения дисциплины и использования полученных знаний, умений и навыков, развития способностей к дальнейшему самообучению от студентов требуется систематическая работа над изучением материала изданий, указанных в карте учебно-методического обеспечения.

Преподавателю рекомендуется сопровождать теоретический материал примерами.

Для самопроверки освоения теоретического материала рекомендуется ответить на вопросы по разделам учебного модуля. Преподаватель может потребовать представить ответы на контрольные вопросы в письменной форме.

Контрольные вопросы по дисциплине

1. Общая характеристика и описание систем радиоавтоматики.

1. Какие задачи решают РАС?
2. В чем заключается процесс управления?
3. Чем отличается возмущение от входного воздействия?

4. Дайте определение алгоритмам управления и функционирования.
5. Дайте определение фундаментальным принципам управления.
6. Какие достоинства и недостатки имеет принцип замкнутого управления?
7. Дайте определение статической и астатической системам.
8. Нарисуйте обобщенную функциональную схему САУ. Назовите основные элементы структурной схемы САУ и опишите их назначение.
9. Дайте определение дискриминатора и опишите его назначение в САУ.
10. Как классифицируются САУ по характеру функционирования?
11. Для чего в РАС используется обратная связь?
12. Дайте определение передаточной функции системы по ошибке, входному и возмущающему воздействиям.
13. Как из ПФ можно получить АЧХ и ФЧХ?
14. Дайте определение ПХ и ИХ. Как из ПФ получают ПХ и ИХ?
15. Как в экспериментальных исследованиях можно смоделировать функции Дирака (дельтафункция) и Хевисайда (единичный скачок)?
16. Назовите правила структурных преобразований.
17. Какую погрешность допускают, применяя асимптотические ЛАЧХ и ЛФЧХ вместо точных ЛАЧХ и ЛФЧХ? В чем достоинства асимптотических ЛАЧХ и ЛФЧХ?
18. Какая связь существует между характеристиками разомкнутой и замкнутой систем?
19. Дайте характеристику основным разновидностям динамических звеньев. Опишите особенности частотных характеристик основных разновидностей динамических звеньев.
20. Опишите особенности временных характеристик основных звеньев.
21. Какая связь существует между АЧХ и ПХ РАС?

2. Линейные системы радиоавтоматики.

1. Запишите ПФ обобщенной следящей САУ по ошибке.
2. Запишите ПФ по возмущению обобщенной следящей САУ.
3. Опишите систему ФАПЧ.
4. Опишите систему ЧАП. Дайте сравнительную характеристику ФАПЧ и ЧАП.
5. Опишите основные разновидности системы АРУ. Дайте сравнительную характеристику прямой и обратной АРУ.
6. Какую амплитудную и регулировочную характеристику желательно реализовать в АРУ? Дайте сравнительную характеристику основным разновидностям обратных систем АРУ.
7. Дайте характеристику системы сопровождения цели по дальности.
8. Опишите систему углового сопровождения цели.
9. Дайте характеристику системы слежения за временным положением импульса.
10. Приведите примеры построения дискриминаторов различных типов. Опишите основные участки дискриминационных характеристик.
11. Приведите примеры объектов управления РАС различных типов.
12. Как используется петля ЧАП в радиотехнических устройствах?
13. Приведите примеры использования петли ФАПЧ в радиотехнических системах.
14. Укажите необходимое условие устойчивости.
15. Назовите основные критерии устойчивости.
16. Дайте характеристику критерию Гурвица.
17. Дайте сравнительную характеристику критериев Михайлова и Найквиста.
18. Какие достоинства имеет анализ устойчивости с помощью критерия Найквиста?
19. Что такое запас устойчивости? Как с помощью асимптотических ЛАЧХ и ЛФЧХ оценивают запасы устойчивости?
20. Назовите основные разновидности управляющих и возмущающих воздействий.
21. Какие испытательные сигналы применяют при анализе РАС?
22. Чем детерминированные воздействия отличаются от стохастических?

23. Какие требования выдвигают к астатизму РАС при известном порядке полинома входного воздействия?
24. Назовите методы оценки параметров качества РАС. Чем отличаются прямые и косвенные методы?
25. Как определяется ошибка РАС при гармоническом воздействии?
26. Что такое астатизм РАС? Как астатизм РАС влияет на точность в установившемся режиме?
27. Назовите прямые оценки быстродействия РАС.
28. Назовите косвенные оценки быстродействия РАС.
29. Какой вид ПХ предпочтительней в САУ? Почему сильная колебательность нежелательна?
30. Как влияет резонансная частота и добротность колебательной системы на форму ПХ?
31. Опишите последовательность вычисления ошибки произвольной САУ в установившемся режиме при произвольном воздействии.
32. Как астатизм системы влияет на быстродействие РАС?
33. Когда переходный процесс в РАС считают завершившимся?
34. Какие виды случайных процессов характерны для РАС? Назовите основные характеристики случайных процессов.
35. Как определяют ошибку слежения и дисперсию РАС при случайных воздействиях?
36. Что такое «эквивалентная шумовая полоса РАС»?
37. Дайте определение среднеквадратической ошибке САУ. Как вычисляется среднеквадратическая ошибка РАС?
38. Дайте определение корреляционной функции. Как определяется дисперсия через корреляционную функцию?

3. Оптимальные и адаптивные системы радиоавтоматики. Понятие о синтезе РАС.

1. В чем заключается инженерный метод синтеза РАС?
2. Опишите последовательность инженерного синтеза РАС по заданной ЛАЧХ.
3. Дайте определение желаемой и неизменяемой ЛАЧХ.
4. Опишите последовательность инженерного синтеза РАС по заданной желаемой и неизменяемой асимптотической ЛАЧХ.
5. Для чего применяются корректирующие устройства?
6. Опишите основные разновидности корректирующих устройств, их способы включения и их радиотехнические реализации.
7. Какой фильтр называют оптимальным для определенной РАС?
8. Опишите особенности фильтров Винера и Калмана.
9. Назовите условия физической реализуемости фильтров.
10. Назовите основные критерии оптимизации РАС.
11. Как определяют ПФ оптимального фильтра для заданной РАС?

4. Нелинейные системы радиоавтоматики.

1. Какие принципиальные особенности имеют процессы в нелинейных РАС?
2. Какие виды нелинейностей характерны для типовых РАС?
3. Дайте характеристику явлений захвата и срыва сопровождения.
4. Опишите особенности нелинейной ЧАП.
5. Опишите особенности нелинейной ФАПЧ.
6. Как влияет на характеристики ФАПЧ применение корректирующего фильтра интегрирующего и пропорционально-интегрирующего типа?
7. Опишите метод статической линеаризации.
8. Объясните суть метода гармонического баланса.
9. Дайте характеристику методу фазовой плоскости.
10. Объясните понятие «срыв слежения».
11. Как определяют условия устойчивости нелинейных САУ?

12. Как влияет нелинейность дискриминатора на работу РАС?

5. Дискретные и цифровые системы радиоавтоматики.

1. Укажите преимущества и недостатки дискретных РАС по сравнению с аналоговыми и цифровыми РАС.
2. Назовите методы математического описания дискретных РАС. Что такое Z-преобразование и как его используют в анализе дискретных РАС?
3. Приведите примеры дискретных РАС и дайте характеристику их особенностей. Приведите примеры элементов дискретных РАС и опишите их особенности.
4. Опишите особенности анализа устойчивости дискретных РАС.
5. Как оценивают ошибку слежения в установившемся режиме в дискретной РАС?
6. Какие преимущества и недостатки имеют цифровые РАС по сравнению с аналоговыми и дискретными РАС?
7. Какие особенности имеют программные и аппаратные реализации цифровых фильтров цифровых РАС?
8. Опишите цифровую систему ФАПЧ.
9. Что такое погрешности квантования и округления и как они влияют на характеристики цифровых РАС?

Список вопросов к экзамену (примерный перечень)

1. Принципы построения систем радиоавтоматики.
2. Классификация систем радиоавтоматики.
3. Системы частотной автоподстройки.
4. Системы фазовой автоподстройки.
5. Системы слежения за временным положением импульсного сигнала.
6. Временной дискриминатор.
7. Угломерные следящие системы.
8. Обобщенные функциональная и структурная схемы радиотехнической следящей системы.
9. Операторный коэффициент передачи.
10. Передаточные функции динамических звеньев.
11. Временные характеристики динамических звеньев.
12. Частотные характеристики динамических звеньев.
13. Логарифмические частотные характеристики.
14. Типовые линейные звенья и их характеристики.
15. Инерционное звено.
16. Интегрирующее звено.
17. Дифференцирующее звено.
18. Форсирующее звено.
19. Коэффициенты передачи замкнутой следящей системы.
20. Понятие устойчивости систем радиоавтоматики.
21. Критерий устойчивости Гурвица.
22. Критерий устойчивости Михайлова.
23. Критерий устойчивости Найквиста.
24. Анализ устойчивости по логарифмическим характеристикам.
25. Коррекция систем радиоавтоматики.
26. Методы анализа детерминированных процессов в линейных следящих системах.
27. Показатели переходного процесса систем радиоавтоматики.
28. Точность систем радиоавтоматики.
29. Методы расчета ошибки слежения.
30. Анализ случайных процессов в линейных системах радиоавтоматики.
31. Дисперсия ошибки слежения.
32. Оптимизация параметров радиотехнической следящей системы.

33. Нелинейные режимы радиотехнических следящих систем.
34. Основные методы анализа нелинейных следящих систем.

Пример экзаменационного билета

Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого Кафедра радиосистем Экзаменационный билет № 1 Дисциплина Радиоавтоматика Для специальности (направления подготовки) 11.03.01 Радиотехника 1. Интегрирующее звено 2. Дисперсия ошибки слежения УТВЕРЖДАЮ Заведующий кафедрой _____
--

Методические рекомендации по лабораторным и практическим занятиям

Для выполнения заданий по циклу лабораторных и практических работ рекомендуется воспользоваться материалами изданий, указанных в карте учебно-методического обеспечения. Примерная форма исходных данных индивидуального задания по части 2 лабораторного цикла приведена в приложении Е рабочей программы.

Требования к оформлению отчета

Отчеты по лабораторным работам оформляются в соответствии с ГОСТ 2.105. Оформление текстовой документации.

Рекомендации по самостоятельной работе студента:

Самостоятельная работа студентов включает повторение пройденного теоретического материала, выполнение лабораторных работ в ходе аудиторной СРС, оформление и подготовка к защите отчетов по лабораторным работам. Рекомендуется выполнять этот вид работы систематически, представлять результаты без задержек. Проявлять инициативу по консультированию с преподавателем.

Требования к технике безопасности, если работа связана с использованием оборудования, энергоносителей, токсичных материалов;

Требования по технике безопасности регламентируются инструкцией по охране труда для пользователей персональных ЭВМ №1 ИОТ.

Приложение Б
(обязательное)

**Технологическая карта учебного модуля «Радиоавтоматика»
семестр 6, ЗЕТ 6, вид аттестации ЭКЗ, акад. часов 216, баллов рейтинга 300**

№ неде- ли сем.	№ и наименование раздела учебного модуля, КП/КР	Трудоемкость, ак.час					Форма текущего контроля успев. (в соотв. с паспортом ФОС)	Максим. кол-во баллов рейтинга
		Аудиторные занятия				СРС		
		ЛЕК	ПЗ	ЛР	АСР С			
1-3	1. Общая характеристика и описание систем радиоавтоматики.	6	3	6	3	3	Лекция, лабораторная работа	
4-10	2. Линейные системы радиоавтоматики.	14	8	13	7	3	Лекция, лабораторная работа	
9	Рубежный контроль						Подведение итогов по части 1 лабораторного цикла	4*30=120
11-12	3. Оптимальные и адаптивные системы радиоавтоматики. Понятие о синтезе РАС.	4	4	2	2	5	Лекция, лабораторная работа	130
13-14	4. Нелинейные системы радиоавтоматики.	4	4	2	2	5	Лекция, лабораторная работа	
15-18	5 Дискретные и цифровые системы радиоавтоматики.	8	8	4	4	5	Лекция, лабораторная работа	
	Экзамен					36		50
Итого:		36	27	27	18	126		300

Критерии оценки качества освоения студентами учебной дисциплины
(в соответствии с Положением «Об организации учебного процесса по основным образовательным программам высшего профессионального образования» от 27.09.2011 г. № 32):

	По основному курсу обучения
пороговый («оценка «удовлетворительно») 50 - 69 % от 50*4 ЗЕТ	150-209 баллов
стандартный (оценка «хорошо») 70 - 89 % от 50*4 ЗЕТ	210- 269 баллов
эталонный (оценка «отлично») 90 - 100 % от 50*4 ЗЕТ	270 – 300 баллов

Аттестация проводится на основании анализа следующих форм текущего контроля успеваемости (в соответствии с паспортом ФОС):

- посещаемости занятий,
- результатов выполнения и защиты цикла лабораторных работ
- результата сдачи экзамена

«Отлично» выставляется, если:

- студент овладел компетенцией в полном объеме (ПК-6),
- посещал все аудиторские занятия,
- 90% отчетов по лабораторным работам части 1 сданы вовремя (в соответствии с технологической картой) и защищены с оценкой не менее чем на 27 баллов (max 30 балла)
- дискретная система радиоавтоматики и реализующая ее компьютерная модель спроектированы самостоятельно, без замечаний, работа оценена на не менее чем 117 баллов (max 130 баллов)
- На экзамене были даны обстоятельные ответы на два вопроса (не менее 45 баллов из max 50).

«Хорошо» выставляется, если:

- студент овладел компетенцией (ПК-6),
- посещал основную часть аудиторских занятий,
- 70% отчетов по лабораторным работам были сданы вовремя и защищены с оценкой не менее чем на 21 балл (max 30 балла)
- дискретная система радиоавтоматики и реализующая ее компьютерная модель спроектированы с незначительными замечаниями, работа оценена на не менее чем 91 балл (max 130 баллов)
- На экзамене были даны ответы на два вопроса, но с некоторыми неточностями (не менее 35 баллов из max 50).

«Удовлетворительно» выставляется, если:

- если студент частично овладел компетенцией (ПК-6),
- пропускал занятия без уважительной причины
- 50% отчетов по лабораторным работам были сданы с задержками и защищены с оценкой не менее чем на 15 баллов (max 30 балла)
- дискретная система радиоавтоматики и реализующая ее компьютерная модель спроектированы с ошибками, во время защиты показан низкий уровень понимания теоретических знаний по теме, работа оценена на не менее чем 65 баллов (max 130 баллов)
- На экзамене был дан уверенный ответ на один вопрос (не менее 25 баллов из max 50).

«Неудовлетворительно» выставляется, если:

- пропускал занятия без уважительной причины

- более 50% отчетов по лабораторным работам не сданы и не защищены, или сданы только с началом сессии;
- дискретная система радиоавтоматики и реализующая ее компьютерная модель спроектированы частично
- Если допуск к экзамену получен (лабораторные работы защищены), на экзамене были даны неуверенные ответы на два вопроса, не были даны правильные ответы на дополнительные вопросы (менее 25 баллов из max 50).

Приложение В
(обязательное)

Паспорта компетенций

ПК-6 Готовность выполнять расчет и проектирование деталей, узлов и устройств радиотехнических систем в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования

Уро вни	Показатели	Оценочная шкала		
		удовлетворительно	хорошо	отлично
Повышенный уровень	Знает: - теоретические основы электротехники и схемотехники; - теоретические основы аналоговой и цифровой схемотехники; - теоретические основы схемотехники СВЧ устройств; - этапы проектирования и разработки деталей, узлов и устройств; - основы работы с САПР;	Знает теоретические основы электротехники и схемотехники, основные этапы проектирования и разработки деталей, узлов и устройств (в том числе специализированных), основы работы в САПР. Испытывает трудности с теоретическими основами разработки СВЧ устройств.	Демонстрирует способности к правильному пониманию этапов разработки СВЧ устройств.	Уверенно ориентируется в теоретической информации о разработке специализированных устройств (в том числе СВЧ), обладает знаниями о полном цикле проектирования и разработки деталей, узлов и устройств.
	Умеет: - формировать из исходной информации набор входных данных для проектирования; - проводить расчёт и проектирование деталей, узлов и устройств радиотехнических систем, в том числе специализированных (цифровых, аналоговых и СВЧ); - создавать собственные проекты с помощью САПР; - Производить выбор САПР, соответствующих задачам;	Может корректно определять необходимые исходные данные и систематизировать их. Самостоятельно проводит расчёт и проектирование систем (в том числе специализированных). Испытывает трудности с освоением новых САПР.	Может корректно определять необходимые исходные данные и систематизировать их. Самостоятельно проводит расчёт и проектирование систем (в том числе специализированных). Демонстрирует способности к обучению новым САПР.	Самостоятельно выполняет разработку, проектирование систем, в том числе специализированных и СВЧ. Самостоятельно осваивает новые САПР.
	Владет: - навыками разработки и проектирования узлов, деталей и устройств, в том числе специализированных с помощью САПР;	Уверенно работает в оболочке САПР, способен создавать новые и вносить изменения в существующие проекты, в том числе и в специализированные.	Демонстрирует способности к самостоятельному изменению и дополнению существующих систем для повышения их ТТХ.	Уверенно владеет навыками разработки новых систем (цифровых, аналоговых, СВЧ), навыками работы в САПР (в том числе и в самостоятельно изученных). Демонстрирует высокие способности к самообучению и саморазвитию в профессиональном плане.

Приложение Г
(обязательное)
Карта учебно-методического обеспечения

Учебного модуля «Радиоавтоматика»

Направление (специальность) 11.03.01 «Радиотехника»

Формы обучения дневная

Курс 3 Семестр 6

Часов: всего 216, лекций 36, ПЗ - 27, ЛР 27, СРС (курсовая работа, КП) 126

Обеспечивающая кафедра радиосистем

Таблица 1- Обеспечение учебного модуля учебными изданиями

Библиографическое описание* издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол. стр.)	Кол. экз.	Наличие в ЭБС
Учебники и учебные пособия		
Соколов А. И. Радиоавтоматика : учеб. пособие для вузов / А. И. Соколов, Ю. С. Юрченко. - М. : Академия, 2011. - 266, [2] с.	15	
Арсеньев Г. Н. Радиоавтоматика : учеб. для вузов : учеб. для высш.воен.-учеб. заведений / Г. Н. Арсеньев, С. Н. Замуруев. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Форум : Инфра-М, 2016. - 591, [1] с.	2	
Дорф Ричард К. Современные системы управления = Modern Control Systems : пер. 9-го англ. изд. / Р. Дорф, Р. Бишоп ; пер. с англ. Б. И. Копылова. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. - 831 [1 с.	19	
Молоканова Н. П. Автоматическое управление. Курс лекций с решением задач и лабораторных работ : учеб. пособие для сред. проф. образования / Н. П. Молоканова. - М. : Форум, 2016. - 222, [2] с.	10	
Проектирование дискретной системы радиоавтоматики по ее аналогову прототипу [электронный ресурс]: учеб.-метод. пособие / сост.: В. А. Исаев, И. Н. Жукова; НовГУ имени Ярослава Мудрого. – В.Новгород, 2017. – 22 с. Режим доступа: https://novsu.bibliotech.ru/Reader/BookPreview/-2618		
Учебно-методические издания		
1 Радиоавтоматика [электронный ресурс]:рабочая программа учебного модуля для направления 11.03.01 – «Радиотехника» /Сост. И.Н. Жукова; НовГУ имени Ярослава Мудрого. – В.Новгород, 2017. – 22 с. Режим доступа: http://novsu.ru .		

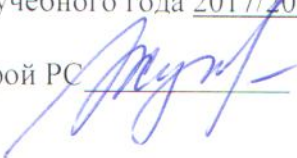
Таблица 2 – Информационное обеспечение учебного модуля

Название программного продукта, интернет-ресурса	Электронный адрес	Примечание
Программный модуль «МВТУ»	http://mvtu.power.bmstu.ru/	Дистрибутив учебной версии 3.7 Комплекс лабораторных работ
VisSim 3.0	http://model.exponenta.ru/download.html	Дистрибутив учебной версии Комплекс лабораторных работ
Сайт о моделировании и исследовании	http://model.exponenta.ru/	

Таблица 3 – Дополнительная литература

Библиографическое описание* издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол. стр.)	Кол. экз. в библ. НовГУ	Наличие в ЭБС
Радиосистемы управления : учеб. для вузов / В. А. Вейцель [и др.] ; под ред. В. А. Вейцеля. - М. : Дрофа, 2005. - 415	5	

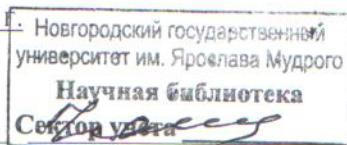
Действительно для учебного года 2017/2018

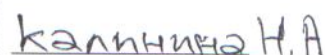
Заведующий кафедрой РС  И.Н. Жукова

19.01. 2017 г.

СОГЛАСОВАНО
НБ НовГУ:







Приложение Д

Вопросы к защите лабораторных работ

1. Запишите передаточную функцию замкнутой системы для заданного варианта $W_o(p)$.
2. Дайте определение устойчивости линейной САУ.
3. Приведите формулу передаточной функции замкнутой системы относительно ошибки от задающего воздействия.
4. Сформулируйте критерий устойчивости Гурвица.
5. Определить устойчивость системы с $W(p) = k/p^2$.
6. Какие системы называются астатическими? Чем определяется порядок астатизма системы? Чему равен порядок астатизма исследуемых систем?
7. Как определить показатели качества переходного процесса по графику переходной характеристики?
8. Как надо изменить коэффициент передачи разомкнутой системы с $W(p) = k/p$, чтобы уменьшить время переходного процесса в два раза?
9. Чем определяется точность системы относительно случайных составляющих сигнала и помехи?
10. Что определяет каждое из слагаемых в формуле для дисперсии процесса?
11. Что из себя представляет суммарная ошибка системы радиоавтоматики?
12. Почему динамическое воздействие $\lambda(t)$ и шумовое воздействие $\xi(t)$ на структурной схеме приложены в различных точках системы?
13. Каким образом можно уменьшить величину флюктуационной ошибки в системе с $W(p) = k_0/p$?
14. Как изменится величина флюктуационной ошибки в следящей системе с $W(p) = k_0/p$, если в цепь обратной связи включить фильтр с операторным коэффициентом передачи $W(p) = 1/(Tp + 1)$?
15. На следящую систему с $W(p) = k_0/p$ одновременно действуют воздействия $\lambda(t) = Vt$ и $\xi(t)$. Привести предполагаемую зависимость установившейся ошибки в системе $x = \sqrt{x_{ycm}^2 + \delta_x^2} = f(k_0)$.
16. Поясните как определяется величина δ_y^2 с использованием стандартных интегралов.
17. Запишите передаточную функцию замкнутой системы для заданного варианта $W_o(p)$.
18. Дайте определение устойчивости линейной САУ.
19. Приведите формулу передаточной функции замкнутой системы относительно ошибки от задающего воздействия.
20. Сформулируйте критерий устойчивости Гурвица.
21. Определить устойчивость системы с $W(p) = k/p^2$.
22. Какие системы называются астатическими? Чем определяется порядок астатизма системы? Чему равен порядок астатизма исследуемых систем?
23. Как определить показатели качества переходного процесса по графику переходной характеристики?
24. Как надо изменить коэффициент передачи разомкнутой системы с $W(p) = k/p$, чтобы уменьшить время переходного процесса в два раза?
25. Для чего применяются системы фазовой автоподстройки?
26. В чём назначение фазового детектора?
27. В чём состоит различие фильтров построенных на базе ЧАП и ФАП?
28. Для чего применяется система ФАП с опорным генератором?

29. Что отображает блок $1/s$ на структурной схеме системы?
30. Из каких составляющих состоит напряжение на выходе фазового детектора?
31. Поясните, почему необходим постоянный фазовый сдвиг на 90° между входным сигналом и сигналом ПГ для обеспечения синхронной работы системы ФАП.

Приложение Е
(информационное)

Пример индивидуального задания по части 2 лабораторного практикума

Ф.И.О. студента	Группа	Дата
Задание: Выполнить проектирование и исследование системы радиоавтоматики		
Вариант № 1		
Коэффициенты передачи системы	Коэффициент передачи дискриминатора $K_d = 0,3$	
	Коэффициент передачи усилителя $K_y = 45$	
	Коэффициент передачи двигателя $K_{дв} = 5$	
	Коэффициент передачи усилителя мощности $K_{ум} = 10$	
Постоянные времени звеньев системы	Постоянная времени усилителя мощности $T_{ум} = 0,03с$	
	Постоянная времени двигателя $T_{дв} = 0,16с$	
Дополнительные параметры системы	Коэффициент замедления редуктора двигателя $i = 70$	
	Люфт редуктора $\delta = 0,16^\circ$	
	Частота дискретизации $T_d = F(K_{дв}, K_{ум}, T_{дв}, T_{ум})$	
Показатели качества системы	Величина перерегулирования $\sigma_{макс} = 25\%$	
	Длительность переходного процесса $T_{макс} = 0,8с$	
	Динамическая ошибка $\epsilon_{макс} = 0,05^\circ$	
Входные сигналы	Единичный сигнал	
	Линейно-изменяющаяся функция со скоростью 8 град/с	
	Аддитивная смесь (сигнал+помеха)	