



Кафедра конструирования
и производства радиоаппаратуры

Е.В. Масалов

РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Методические указания к проведению практических и лабораторных занятий



ТОМСК 2012

Министерство образования и науки Российской Федерации

ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)

Е.В. Масалов

РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Методические указания к проведению практических и лабораторных занятий

2012

Рецензент: профессор, д.т.н. Татаринов В.Н.

Технический редактор: доцент кафедры КИПР ТУСУР,
к.т.н. Озеркин Д.В..

Масалов Е.В.

Радиотехнические системы. Методические указания по изучению дисциплины для студентов специальности 210201 – Проектирование и технология РЭС. Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012.-12с.

Книга написана для студентов специальности 210201 – Проектирование и технология РЭС, но может быть использована студентами специальности 160905 – Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования и студентами других специальностей радиотехнического профиля.

© Масалов Е.В., 2012

© Кафедра КИПР Томского
государственного университета систем
управления и радиоэлектроники, 2012

Введение

Данный курс относится к числу дисциплин специализации закладывающих теоретические и системные основы при формировании у студентов представлений и знаний в области радиотехнических систем (РТС). Большинство существующих электронных устройств либо выполняет свои функции в составе различных технических систем, либо их функциональные возможности должны обеспечивать подобное выполнение функции. Таким образом, в случае проектирования таких устройств имеет место взаимосвязь их технических характеристик с техническими характеристиками указанных систем.

Среди технических систем особое место занимают радиотехнические системы, в которых передача, извлечение, обработка и накопление информации осуществляется с использованием радиоволн. Особую специфику данный вид систем приобретает вследствие того, что в пространстве распространяются радиоволны, а в аппаратуре действуют радиосигналы. Последние обстоятельства повышают множественность описания РТС и требуют привлечения и усвоения студентами знаний целого ряда дисциплин. Часть этих знаний студенты специальности 200800 – Проектирование и технология электронных систем получают при изучении теоретических основ электротехники; Основ радиоэлектроники и связи; Технической электродинамики; Аналоговой и цифровой схемотехники.

Однако такие дисциплины, как Приём и обработка сигналов, Основы статистической теории РТС и ряд других не входят в план учебной подготовки студентов данной специальности. В тоже время они составляют основу для изучения принципов действия систем радиолокации, радионавигации и РТС передачи информации. Кроме того, статистический подход к описанию РТС и имеющих в них место преобразований сигналов создают единую, по многим показателям, основу при формировании представлений о взаимосвязи технических характеристик РТС и функционирующих в их составе электронных устройств.

1 Цель практических занятий и особенности их проведения

В результате изучения дисциплины у студентов должно сформироваться представление о тенденциях развития РТС различного назначения.

1.1 Практические (семинарские) занятия направлены на закрепление и расширение знаний, полученных на лекциях и при изучении рекомендованной литературы согласно рабочей программе дисциплины.

1.2 В ходе практических занятий проводится оценивание знаний и умений студентов по итогам решения задач и контрольной работы.

1.3 Практические (семинарские) занятия проводятся в увязке с рассмотрением соответствующих вопросов на лекциях.

2Содержание занятий

Шестой (весенний) семестр

2.1. Занятие 1 (4 ч, самостоятельная работа 2 ч)

2.1.1 Тема занятия: **Анализ возможностей и эффективности РТС.**

2.1.2 Форма проведения: дискуссия, практические занятия с решением задач.

2.1.3 Методика проведения. Преподаватель во вступительном слове предлагает каждому студенту сформулировать, на основе его познаний по материалам лекций, основные положения по разделам:

Назначение и особенности РТС. Показатели эффективности РТС [1, 2.].

Каждый студент получает возможность высказать свое мнение по обсуждаемым вопросам.

2.1.4 План занятия:

- вступительное слово преподавателя, пояснения по рейтинговой системе, постановка задачи семинарского занятия - 10 мин;

- высказывания студентов и обсуждение (общая дискуссия); активность участников оценивается (от 3 до 5 баллов) - 25 мин;

- практические занятия с анализом состава индивидуальных заданий; активность участников оценивается (от 3 до 5 баллов)

подведение итогов преподавателем - 10 мин;

- пояснения к следующему занятию - 10 мин.

2.2 Занятие 2 (4 ч, самостоятельная работа 2 ч)

2.2.1 Тема занятия: **Анализ основных показателей РТС**

2.2.2 Форма проведения: дискуссия, практические занятия с выполнением задания.

2.2.3. Методика проведения. Преподаватель во вступительном слове предлагает каждому студенту сформулировать на основе его познаний по лекционным материалам, основные понятия по разделам:

Зона действия системы. Разрешающая способность. Точность и достоверность получаемой информации. Помехоустойчивость. Пропускная способность или быстроедействие [1,2].

Каждый студент получает возможность высказать свое мнение по обсуждаемым вопросам.

2.2.4 План занятия:

- высказывания студентов и обсуждение (общая дискуссия); активность участников оценивается (от 3 до 5 баллов) - 15 мин;

- практические занятия с решением задач из [5].; активность участников оценивается (от 3 до 5 баллов) - 35 мин;

- подведение контрольной работы - 30 мин;

- подведение итогов и пояснения к следующему занятию - 10 мин.

2.3. Занятие 3 (4 ч, самостоятельная работа 2 ч)

2.3.1 Тема занятия: **Анализ основных характеристик сигналов.**

2.3.2 Форма проведения: дискуссия, практические занятия с решением задач.

2.3.3 Методика проведения: Преподаватель во вступительном слове предлагает каждому студенту сформулировать, на основе его познаний по материалам лекций основное положение по разделам:

Параметры дискретных и непрерывных сигналов. Представление сигналов во временной и частотной областях[1,2].

Каждый студент получает возможность высказать свое мнение по обсуждаемым вопросам.

2.3.4 План занятия:

- высказывания студентов и обсуждение (общая дискуссия); активность участников оценивается (от 3 до 5 баллов) - 25 мин;

- практические занятия с решением задач из [5].; активность участников оценивается (от 3 до 5 баллов)

подведение итогов преподавателем - 10 мин;

- пояснения к следующему занятию - 10 мин.

2.4 Занятие 4 (4 ч, самостоятельная работа 2 ч)

2.4.1 Тема занятия: **Анализ и расчет спектров простых сигналов.**

2.4.2 Форма проведения: дискуссия, практические занятия с решением задач.

2.4.3 Методика проведения: Преподаватель во вступительном слове предлагает каждому студенту сформулировать, на основе его познаний по материалам лекций, основные положения по разделам:

Спектральное представление периодических и непериодических сигналов. Виды спектров[1,2].

Каждый студент получает возможность высказать свое мнение по обсуждаемым вопросам.

2.4.4 План занятия:

- высказывания студентов и обсуждение (общая дискуссия); активность участников оценивается (от 3 до 5 баллов) -

15 мин;

- практические занятия с решением задач из [5]; активность участников оценивается (от 3 до 5 баллов) -

- подведение итогов контрольной работы - 30 мин;

- подведение итогов и пояснения к следующему занятию - 10 мин.

2.5 Занятие 5 (2 ч, самостоятельная работа 2 ч)

2.5.1 Тема занятия: **Анализ уравнения дальности.**

2.5.2 Форма проведения: дискуссия, практические занятия с решением задач.

2.4.3 Методика проведения: Преподаватель во вступительном слове предлагает каждому студенту сформулировать, на основе его познаний по материалам девятой и десятой лекций, основные положения по разделам:

Факторы влияющие на дальность действия РТС[3,4].

Каждый студент получает возможность высказать свое мнение по обсуждаемым вопросам.

2.5.4 План занятия:

- высказывания студентов и обсуждение (общая дискуссия); активность участников оценивается (от 3 до 5 баллов) -

25 мин;

- практические занятия с решением задач из [5]; активность участников оценивается (от 3 до 5 баллов) - 45 мин;

- подведение контрольной работы - 10 мин;

- подведение итогов и пояснения к следующему занятию - 10 мин.

Методические указания по выполнению контрольных работ

1.1.1 Контрольная работа № 1

При выполнении контрольной работы № 1 студентам предлагаются вопросы по материалам, содержащимся в 1, 2 и 3 главах учебного пособия. Цель изучения этих разделов – усвоить и запомнить основные понятия; принципы, методы, критерии и т.д.

Особое внимание следует уделить:

понятиям и характеристикам, связанным с обнаружением, разрешением и различением сигналов, вопросам, связанным с реализацией устройств обработки.

Кроме того, для успешного усвоения материалов этих разделов студентами, необходимо иметь устойчивые знания основных элементов высшей математики, физики и иметь навыки простейшего анализа и вычислений. Поскольку приём и обработка сигналов во всех РТС осуществляется в условиях помех, оказывающих случайное воздействие на информационные параметры

сигналов и информацию в целом, то знание основных понятий, характеристик и методов анализа теории вероятности приобретает особое значение.

Практически все вопросы и ответы к ним либо находятся в выделенных частях текста пособия, либо следуют непосредственно за этими выделенными жирным шрифтом частями. Вопрос и ответ могут относиться к структурным схемам, приведённым на рисунках, и анализу этих схем.

Пример 1: На вопрос, как выглядит импульсная реакция согласованного с сигналом фильтра (импульсная реакция может быть представлена условно)– нужно выбрать ответ, отвечающий зеркальному отображению сигнала, который так же может быть представлен условно, например, чередованием знаков + и -, отображающих изменения полярности импульсов в последовательности (см. раздел 2.2.6 учебного пособия).

Пример 2: На вопрос – каким должен быть комплексный коэффициент передачи оптимального фильтра согласованного с конкретным сигналом, нужно выбрать формулу, отвечающую с точностью до постоянного множителя комплексно-сопряжённой функции сигнала (см. раздел 2.2.6 пособия).

В пособии широко используются понятия когерентности и пачек импульсных сигналов. Понятие когерентности имеет много аспектов и связанных с ними формулировок. В пределах изучаемой дисциплины можно ограничиться следующим определением: **когерентными называют сигналы с закономерной фазовой структурой**, однако, начальная фаза радиолокационного сигнала обычно является неизвестной случайной величиной.

Пачками импульсных сигналов называются неперекрывающиеся во времени импульсные последовательности. Если фазовые структуры несущего колебания в этих импульсах имеют закономерный характер (как правило – они жёстко связаны) – то говорят о **когерентных пачках**. В противном случае имеют место пачки некогерентных импульсов.

Если параметры всех импульсов пачки – неслучайные величины, то говорят о **нефлуктуирующих пачках**.

Если параметры импульсов пачки – случайные величины, то говорят о **флуктуирующих пачках**.

Если однотонные параметры всех импульсов пачки (амплитуды, начальные фазы и т.д.) подчиняются одному и тому же закону, то говорят о **дружно флуктуирующих пачках**.

Указание особенности импульсных сигналов налагают свои требования на обработку сигналов и её результатов.

1.1.2 Контрольная работа № 2

Содержит вопросы, относящиеся к основным понятиям, определениям, принципам, структурным схемам радиотехнических систем радиолокации, радионавигации и РТС передачи информации (РТС ПИ).

Эти вопросы рассмотрены в главах с четвёртой по двенадцатую пособия. По необходимости, в этих главах рассматриваются положения теории более высокого порядка (например – понятие функции, тела и соотношения неопределённости), позволяющие осуществить строгую и конкретную интерпретацию возможностей систем, энергетических затрат, затрат полосы спектра и т.д.

Порядок работы с пособием и требования к знаниям, необходимым для выполнения этой контрольной работы те же, что и в контрольной работе № 1.

Пример 1: Благодаря постоянству скорости и прямолинейности распространения радиоволн в пространстве, широкое распространение получил импульсный метод радиолокации. Этот метод позволяет определить дальность R до цели, связанную с временем запаздывания принимаемого от цели сигнала относительно излучённого импульса (временем распространения РЛС и обратно) соотношением:

$$R = \frac{c \cdot t_3}{2}, \quad (3.1)$$

здесь $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м} \cdot \text{сек}^{-1}$ - скорость света. Деление на 2 использовано потому, что путь от РЛС до цели проходиться сигналом дважды (туда и обратно).

Тогда при $t_3 = 10^{-6} \text{ сек} = 2 \text{ мкс}$, длительность до цели R составит величину

$$R = \frac{3 \cdot 10^8 \cdot 10^{-6} \cdot 2}{2} = 300 \text{ м}.$$

Пример 2: Особое значение для определения характеристик РЛС имеет **уравнение дальности**, которое связывает максимальную дальность с техническими характеристиками РЛС без учёта влияния условий распространения (поглощения энергии сигнала и его рассеяния в процессе распространения).

В случае использования одной и той же антенны РЛС для передачи и приёма сигнала это уравнение может быть записано в виде (см. раздел 4.4 пособия):

$$R_{\max} = \sqrt[4]{\frac{P_n G_{ao}^2 \lambda_o^2 \delta_{эф} h}{4\pi^3 \cdot P_{npmin}}}, \quad (3.2)$$

где P_n - мощность передатчика РЛС, G_{ao} - коэффициент направленного действия антенны; $\delta_{эф}$ - эффективная поверхность (ЭПР) цели; h - коэффициент полезного действия (КПД) антенно-фидерного тракта, λ_o - длина волны несущего высокочастотного колебания; P_{npmin} - минимальная мощность на входе сигнала (чувствительность приёмника), при которой обеспе-

чивается требуемое качество обнаружения – например, заданная вероятность правильного обнаружения D при заданном уровне вероятности ложной тревоги.

С помощью этого уравнения можно определить не только величину технического параметра, но и его необходимые изменения. Так из формулы (3.2) при ответе на вопрос – во сколько раз измениться дальность R_{\max} при изменении G_{ao} в 4 раза, нужно определить, чему станет равна максимальная дальность R_{\max} действия РЛС при условии, что коэффициент направленного действия антенны станет равным $4G_{ao}$. Подставим это значение в формулу (3.2), тогда получим:

$$\begin{aligned} R_{\max} &= \sqrt[4]{\frac{P_n \cdot (4G_{ao})^2 \cdot \lambda_o^2 \cdot \delta_{эф} \cdot h}{(4\pi)^3 \cdot P_{np \min}}} = \\ &= \sqrt[4]{\frac{16 \cdot P_n G_{ao}^2 \cdot \lambda_o^2 \cdot \delta_{эф} \cdot h}{(4\pi)^3 P_{np \min}}} = \\ &= 2 \sqrt[4]{\frac{P_n \cdot G_{ao}^2 \cdot \lambda_o^2 \cdot \delta_{эф} \cdot h}{(4\pi)^3 \cdot P_{np \min}}} = 2R_{\max} \end{aligned}$$

т.е. максимальная дальность увеличивается в два раза.

Как в контрольных работах, так и при сдаче экзамена на каждый вопрос предложено три альтернативных ответа, один из которых – правильный.

3. Цель лабораторных занятий и особенности их проведения

Целью лабораторных занятий является закрепление навыков, а области функционирования радиотехнических систем. Выполнение лабораторных работ осуществляется по подгруппам.

Рекомендуемая литература.

1. Масалов Е.В. Радиотехнические системы. Учебное пособие, ч.1. – Томск: - ТУСУР, 2012 – 109с.
2. . Масалов Е.В. Радиотехнические системы. Учебное пособие, ч.2. – Томск: - ТУСУР, 2012 – 117с.