

Государственный комитет по высшему образованию
Российской Федерации
Санкт-Петербургская Государственная академия
аэрокосмического приборостроения

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И СРЕДСТВА
МОДЕЛИРОВАНИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ

Методические указания
для студентов заочного обучения
к самостоятельному изучению дисциплины
и выполнению контрольных работ

Санкт-Петербург
1996

Составитель: Ю.М. Долганов

Методические указания содержат краткие сведения для самостоятельной подготовки и перечень вариантов индивидуальных заданий по двум контрольным работам.

Методические указания предназначены для студентов заочной формы обучения специальности "Радиотехника".

Подготовлены к публикации кафедрой радиотехнических систем.

- (С) Государственная академия аэрокосмического приборостроения, 1993
- (С) Государственная академия аэрокосмического приборостроения, 1995
- (С) Государственная академия аэрокосмического приборостроения, 1996

1. ЦЕЛЬ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цель состоит в формировании знаний и навыков в области моделирования систем с использованием вычислительной техники. Изучаются прежде всего те методы и программные средства моделирования, которые наряду с широким применением могут использоваться при разработке и исследовании радиотехнических устройств и систем.

2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Наименование тем, их содержание.

2.1.1. Общие вопросы теории и технологии моделирования.

Роль и задачи моделирования в науке и технике. Условия и технико-экономическая целесообразность применения. Виды моделирования: геометрическое, физическое (методы прямой и не прямой аналогии), структурное, полунатурное, математическое моделирование (аналитическое и численное), статистическое, имитационное моделирование.

Основные этапы моделирования с применением средства вычислительной техники: постановка цели и концептуальная модель, подготовка исходных данных, математическая модель, выбор метода и средств моделирования, программная модель, проверка адекватности и корректировка модели, планирование экспериментов с моделью, анализ результатов и принятие решений.

Объекты моделирования и их классификация. Основные понятия и терминология: система, объект, параметры, переменные, состояние, событие, процесс. Классы эквивалентности объектов, атрибуты класса. Функциональные зависимости и алгоритмы.

Типы процессов и систем. Системы линейные и нелинейные, стационарные и нестационарные, статические и динамические. Процессы детерминированные и стохастические. Системы непрерывные, дискретные и дискретно-непрерывные. Системы с переменным составом объектов и связей.

2.1.2. Аппаратные и программные средства моделирования РТС на ЭВМ.

Реализация моделей на аналоговых, цифровых и гибридных ЭВМ и комплексах: особенности, достоинства и недостатки. Структура персональной ЭВМ, назначение управляющих и специальных клавиш клавиатуры. Операционная (в том числе файловая) система, программная оболочка. Работа на персональной ЭВМ.

Моделирование на ЦВМ. Выбор программных средств. Пакеты прикладных программ (ППП) типа библиотек для научно-технических расчетов (БНТР), предметно-ориентированные пакеты моделирующих программ (ПМП), диалоговые системы моделирования (ДСМ), базы данных моделирования (БДМ), языки имитационного моделирования (ЯИМ) и их классификация.

Пакет численного математического моделирования Маткад: структура, интерфейс, алфавит. Средства Маткад: простые опера-

торы и встроены функции, специальные функции и функции, определенные пользователем, блоки решений, векторные и матричные операторы и функции, статистические функции, прямое и обратное БПЗ. Графики. Управление курсором и редактирование формул. Команды Макпад.

2.1.3. Аналитическое моделирование систем.

Модели непрерывных динамических систем, одномерные и многомерные НДС.

Математическое описание одномерных НДС: во временной области (дифференциальное уравнение, импульсная и переходная характеристики), в частотной области (частотная характеристика, АЧХ, ФЧХ, передаточная функция), описание в пространстве состояний (уравнения состояния и выхода), структурное описание на основе структурных схем. Взаимосвязь математических описаний одномерных НДС. Примеры описания радиотехнических цепей.

Математическое описание многомерных НДС: система дифференциальных уравнений, матричные весовая и передаточная функции, описание в пространстве состояний.

Модели систем с дискретными состояниями и непрерывным временем. Потoki событий. Интенсивность потока. Потoki регулярный, Пуассона, Эрланга.

Модели систем с дискретными состояниями и временем. Дискретные процессы в РТС.

2.1.4. Метод статистических испытаний.

Обобщенная структура метода статистических испытаний. Способы реализации стохастических объектов модели: датчики случайных чисел с необходимым законом распределения, потоки событий, моделирование случайных векторов, использование цифровых фильтров для моделирования случайных процессов.

Сбор информации о модели. Оценка численных значений распределений (моментов). Эмпирические распределения вероятностей.

Погрешности моделирования и число испытаний.

2.1.5. Имитационное моделирование процессов и систем на ЭЭМ.

Основные принципы имитационного моделирования: декомпозиция, необратимость, квазипараллелизм. Классификация имитационных моделей: по типу систем (непрерывные, дискретные, дискретно-непрерывные), по способу продвижения системного времени (с приращением, с продвижением до особых состояний), по методу реализации квазипараллелизма (событийный, сканирования активностей, транзактный).

2.1.6. Особенности моделирования на ЭЭМ радиотехнических сигналов, устройств и систем.

Математические модели детерминированных сигналов (низкочастотных, узкополосных высокочастотных). Выбор интервала дискретизации при моделировании на ЭЭМ. Модели случайных сигналов.

Моделирование радиотехнических устройств и систем. Методы несущей, комплексной огибающей, статистических эквивалентов. Мо-

8. Переходная характеристика:

$$k(t) = 0,5 e^{-2t} - 2e^{-t} - 1,5$$

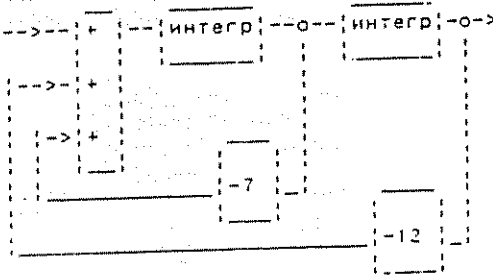
9. Уравнения состояния:

$$\begin{matrix} s_1' = -6s_1 - 8s_2 + 2x \\ s_2' = s_1 \end{matrix}$$

и выхода:

$$y = s_2$$

10. Структурное описание:



Условные обозначения:

x - входной сигнал;

y - выходной сигнал;

y'', y' - 1-я и 2-я производные y;

s₁, s₂ - переменные состояния.

1 2

2.2.2. Моделирование датчиков случайных чисел (ДСЧ) с специальными законами распределения вероятностей.

Задание N 2: Разработать алгоритм (программу для реализации на ЦВМ) формирования произвольного количества квазислучайных чисел с указанным законом распределения вероятностей (см. табл. 2).

Исходным для формирования случайных чисел с заданным распределением вероятностей считать датчик (алгоритм) формирования случайных чисел с равномерным распределением на интервале от 0 до 1, обращение к которому производится путем вызова подпрограммы с именем RND(1).

Необходимо использовать предложенный (см. ту же табл.) метод формирования случайных чисел из следующих возможных:

1. Метод обратной функции (функционального преобразования), основанный на использовании функции, обратной интегральной функции, основанный на использовании функции, обратной интегральной функции, основанный на использовании функции, обратной интегральной функции, основанный на использовании функции, обратной интегральной функции.

2. Метод отбора (метод Неймана), основанный на отборе одной из координат (абсциссы) случайных точек, равномерно заполняющих прямоугольник, в который вписана кривая плотности распределения вероятностей, если соответствующие точки оказываются расположенными ниже кривой.

Содержание решения задачи:

1. Дать математическое обоснование (описание) реализуемого способа построения ДСЧ.

2. Привести схему алгоритма реализации ДСЧ на ЦВМ.

3. Привести вычислительную программу алгоритма на одном из языков программирования (Фортран, Бейсик, Маткад и др.).

Таблица 2

Номер варианта	Метод реализации ДСЧ	Заданное распределение вероятностей
1.	Обр. функц. Релея:	$W(X)=X/S^2 \cdot \text{EXP}(-X^2/2S^2)$, $S=0.5$
2.	Отбора	То же.
3.	Обр. функц. Показательный:	$W(X)=1/2S^2 \cdot \text{EXP}(-X/2S^2)$, $S=0.8$
4.	Отбора	То же.
5.	Отбора	Логарифмически-нормальный: $W(X)=1/(\sqrt{2\pi} \cdot S \cdot X) \cdot \text{EXP}(-\ln^2 X/2S^2)$, $S=0.5$
6.	Обр. функц. Арксинуса:	$W(X)=1/(\pi \cdot B \cdot \sqrt{1-(X-A)^2/B^2})$, $A=0.5$, $B=0.9$
7.	Отбора	То же.
8.	Обр. функц. Коши:	$W(X)=1/(\pi \cdot B \cdot (1+(X-A)^2/B^2))$, $A=1.5$, $B=0.8$
9.	Отбора	То же.
10.	Отбора	Нормальный: $W(X)=1/(\sqrt{2\pi} \cdot S) \cdot \text{EXP}(-(X-M)^2/2S^2)$, $S=0.5$, $M=3$

Условные обозначения:

^ - знак возведения в квадрат;

\ - знак извлечения квадратного корня.

Примечание: формулы для плотностей распределения вероятностей можно уточнить по справочной литературе.

2.3. Лабораторные занятия.

Лабораторные занятия проводятся на базе персональных ЭВМ ИБМ-совместимых с использованием пакета (языка) численного математического моделирования Маткад. Темы работ:

2.3.1. Освоение средств пакета Маткад: простые операторы и функции, функции, определенные пользователем, графики. Моделирование антенной решетки.

2.3.2. То же: решение уравнений и решаемые блоки.

2.3.3. То же: матричные операторы и функции. Моделирование пространственного фильтра.

2.3.4. То же: статистические операторы и функции. Моделирование и тестирование датчиков случайных чисел.

3. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

3.1. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем: Учебник для вузов. - М.: Высш.шк., 1985 - 271 с.

3.2. Ахогин В.В., Згуровский М.З. Моделирование на цифровых аналоговых и гибридных ЭВМ. Учебное пособие. - Киев: Высшая школа, 1982.

3.3. Максимей И.В. Имитационное моделирование на ЭВМ. -М.: Радио и связь, 1988 - 232 с.

3.4. Борисов Ю.П. Математическое моделирование радиосистем. Учебное пособие для вузов. М. Советское радио, 1976. 621.272.5.82

3.5. Крылов В.В., Корсаков В.Я. Основы теории цепей для системотехников. - М.: Высшая школа, 1990 - 120 стр. 621.372.185

3.6. Дьяконов В.П. Система MathCAD: Справочник. - М.: Радио и связь, 1993.

3.7. Астратов. Цифровое моделирование радиотехнических сигналов. - ЛИАП, 1983.