

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное агентство по образованию
Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

И.Т. Рожков

ОСНОВЫ СТАТИСТИЧЕСКОЙ РАДИОФИЗИКИ

Часть 1

Учебное пособие

*Рекомендовано
Научно-методическим советом университета
для студентов, обучающихся по специальности
Радиофизика и электроника*

Ярославль 2008

УДК 3 841-017я73
ББК 537.86:519.22
Р 63

*Рекомендовано
редакционно-издательским советом ЯрГУ
в качестве учебного издания. План 2007 года*

Рецензенты:

кафедра радиолокации и радиотехнических систем
Ярославского ВЗРУ ПВО;
В.Е. Туров, кандидат технических наук, профессор

Рожков, И.Т. Основы статистической радиофизики :
Р 63 учебное пособие / И.Т. Рожков ; Яросл. гос. ун-т. – Яро-
славль: ЯрГУ, 2007. – Ч. 1. – 104 с.
ISBN 978-5-8397-0605-7

Первая часть учебного пособия посвящена основным характеристикам случайных величин и процессов, законам распределения, решению задач по определению различных характеристик. Учебное пособие может быть использовано во всех случаях, где требуется находить соответствующие характеристики случайных процессов.

Пособие предназначено для студентов, обучающихся по специальности 010801 Радиофизика и электроника (дисциплина "Статистическая радиофизика", блок ОПД), очной формы обучения. Может быть использовано во всех случаях, где потребуется решать вопросы преобразования случайных процессов.

УДК 3 841-017я73
ББК 537.86:519.22

ISBN 978-5-8397-0605-7

© Ярославский
государственный
университет, 2008

Предисловие

Основой для этой книги послужили лекции по статистической радиофизике, которые автор читал в течение ряда лет в Ярославском государственном университете.

Радиофизические методы сейчас широко применяются в естествознании и народном хозяйстве и в перспективе область их применения станет еще шире.

Радиофизика объединила разделы физики, развитые применительно к изучению задач радиотехники и электроники, а статистическая радиофизика представляет собой теоретическую базу, используемую для описания случайных процессов, имеющих место в устройствах и системах, где носителем информации являются электромагнитные колебания и волны радиодиапазона. Статистическая радиофизика является одной из основных дисциплин специальности “Радиофизика и электроника”.

Следует отметить, что имеющиеся книги [1, 2, 3 и другие] по статистической радиофизике содержат различные области приложения радиофизики. Их объединяет изложение теории случайных процессов. Однако в аналогичных книгах по статистической радиофизике авторы не касаются обширной и интенсивно развивающейся области, которая тоже опирается на применение статистических методов в радиосвязи при обнаружении сигналов, оценивании параметров случайных процессов, распознавании образов. Как правило, случайные явления, с которыми приходится иметь дело в радиофизике, – это процессы, протекающие во времени, или, еще шире, поля, зависящие от времени и пространства.

Книга состоит из трех частей. В первой части рассматриваются случайные величины, процессы и их преобразование безынерционными элементами; во второй – преобразование случайных процессов линейными системами, узкополосные процессы; в третьей части – элементы математической статистики и теория оценки параметров случайных величин и процессов.

Направленность книги соответствует специальности “Радиофизика и электроника”.

В конце каждой главы приведены задачи с решениями, позволяющими легче и быстрее усвоить содержание материала.

Предполагается, что читатель владеет основами дифференциального и интегрального исчисления, теории вероятностей в объеме вузовской программы.

1. Случайные величины

1.1. Общие сведения о случайных величинах и процессах

Случайной называется величина, которая в результате опыта принимает то или иное значение, какое именно зависит от случайных обстоятельств опыта и заранее предсказано быть не может.

Примерами случайных величин могут служить: число импульсов, подавляемых помехой в пачке импульсов в радиоприемнике; число выстрелов до первого попадания в мишень; величина мгновенного шумового напряжения в некоторый момент времени на выходе радиоприемника; время безотказной работы транзистора; амплитуда радиолокационного импульса, отраженного от самолета, и другие.

В первых двух примерах случайная величина является дискретной, а в трех следующих – непрерывной. Множество значений, которое может принять случайная величина в первом и втором примерах конечно, а в остальных примерах бесконечно.

Для описания случайной величины нужно указать ее возможные значения. Но одним перечислением ее возможных значений случайная величина полностью не определяется. Необходимо еще знать, насколько часто будут осуществляться одни значения случайной величины и насколько редко – другие, или, что то же самое, насколько вероятно наступление тех или иных значений случайной величины.

Соотношение, устанавливающее зависимость между возможными значениями дискретной случайной величины и их вероятностями, называется законом распределения этой величины. Но такое понятие утрачивает смысл для непрерывной случайной величины, которая имеет бесконечное множество значений.

Универсальной характеристикой, одинаково пригодной как для дискретных, так и для непрерывных случайных величин, яв-

Оглавление

Предисловие.....	3
1. Случайные величины	4
1.1. Общие сведения о случайных величинах и процессах	4
1.2. Плотность вероятностей, ее свойства	7
1.3. Функция распределения и ее свойства	9
1.4. Характеристическая функция и ее свойства.....	10
1.5. Условная плотность вероятности и ее свойства	12
1.6. Числовые характеристики случайных величин	13
1.7. Законы распределения случайных величин	18
1.8. Задачи по разделу 1	30
2. Случайные процессы.....	38
2.1. Общие сведения о случайных процессах.....	38
2.2. Средние значения случайных величин и моменты случайного процесса	39
2.3. Стационарные и нестационарные процессы	42
2.4. Эргодичность случайного процесса.....	44
2.5. Корреляционные функции и их свойства.....	47
2.6. Коэффициент корреляции. Интервал корреляции	52
2.7. Выбор времени усреднения случайного процесса	54
2.8. Определение основных характеристик случайного процесса при усреднении статистически, по времени и по выборке ...	59
2.9. Спектральная плотность случайного процесса.....	61
2.10. Задачи	68
3. Статистические критерии приема сигналов.....	82
3.1. Статистический подход к задаче приема и обработки сигналов.....	82
3.2. Прием сигналов в канале с помехами. Понятие о статистических критериях принятия решений	84
3.2. Критерий идеального наблюдателя	91
3.3. Критерий максимального правдоподобия.....	94
3.4. Критерий Неймана-Пирсона.....	95
3.5. Критерий минимального среднего риска	97
Вопросы для повторения	100
Список литературы	102