



П. А. Землянухин

ТЕОРИЯ СИГНАЛОВ

учебное пособие



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерно-технологическая академия

П. А. ЗЕМЛЯНУХИН

ТЕОРИЯ СИГНАЛОВ

Учебное пособие

Ростов-на-Дону – Таганрог
Издательство Южного федерального университета
2022

УДК 621.391.24(075)

ББК 32.811я73

3-535

Печатается по решению кафедры информационной безопасности телекоммуникационных систем Института компьютерных технологий и информационной безопасности Южного федерального университета (протокол № 26 от 1 июня 2022 г.)

Рецензенты:

ведущий научный сотрудник лаборатории информационных технологий и процессов управления Южного научного центра РАН,
доктор технических наук *С. Г. Капустян*

доцент кафедры вычислительной техники Института компьютерных технологий и информационной безопасности Южного федерального университета, кандидат технических наук, доцент *А. О. Пьявченко*

Землянухин, П. А.

3-535 Теория сигналов : учебное пособие / П. А. Землянухин ; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2022. – 134 с.

ISBN 978-5-9275-4193-5

В учебном пособии рассмотрены теоретические вопросы, применительно к читаемой дисциплине «Теория сигналов». В частности, рассмотрены вопросы, дающие понятие сигналов применительно к телекоммуникационным системам, рассмотрены различные подходы к построению моделей сигналов, спектральный и корреляционный анализ сигналов, дано понятие аналитических сигналов. В конце каждого раздела приведены вопросы для контроля знаний студентов.

УДК 621.391.24(075)

ББК 32.811я73

ISBN 978-5-9275-4193-5

© Южный федеральный университет, 2022

© Землянухин П. А., 2022

© Оформление. Макет. Издательство

Южного федерального университета, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
Контрольные вопросы к разделу «Введение»	12
1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СИГНАЛАХ	14
1.1. Основные понятия и определения применительно к сигналам	14
1.2. Классификация радиотехнических сигналов	16
1.3. Особенности сигналов систем телекоммуникаций	21
1.4. Описание детерминированных сигналов гармоническими функциями	23
1.5. Описание сигналов в комплексной форме	24
1.6. Использование разрывных функций для описания сигналов ...	27
1.7. Динамическое описание сигналов	29
1.7.1. Динамическое представление сигнала функцией включения	33
1.7.2. Динамическое описание произвольного сигнала при использовании дельта-функции	34
1.8. Энергетические характеристики вещественных и комплексных сигналов	35
Контрольные вопросы к разделу 1	38
2. СПЕКТРЫ ПЕРИОДИЧЕСКИХ И НЕПЕРИОДИЧЕСКИХ ДЕТЕРМИНИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ	40
2.1. Аппроксимация произвольных сигналов. Основные понятия ..	40
2.2. Спектральный анализ периодических сигналов	47
2.3. Связь спектра периодической последовательности и длительности импульсов	57
2.4. Мощность спектра периодического сигнала	61
2.5. Анализ спектра непериодических сигналов	62
2.6. Связь между спектрами одиночного импульса и периодической последовательности импульсов	70
2.7. Особенности интегрального преобразования Фурье	72
2.7.1. Перемещение сигналов относительно времени	73
2.7.2. Преобразование временного масштаба для функций, зависящих от времени	76
2.7.3. Перенос спектра исходного сигнала по частотной оси	77

2.7.4. Соотношения между суммой сигналов и спектральных плотностей, им соответствующих	78
2.7.5. Связь операций интегрирования и дифференцирования сигналов с их спектральными плотностями	78
2.7.6. Вычисление спектральной плотности, соответствующей произведению двух сигналов	79
2.7.7. Спектры сигналов и их особенности	81
2.7.8. Возможность взаимной замены частоты и времени в преобразованиях Фурье	82
2.8. Спектральная плотность мощности, свойственной детерминированному сигналу	83
2.9. Спектры широко используемых неинтегрируемых сигналов ...	85
Контрольные вопросы к разделу 2	90
3. КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ДЕТЕРМИНИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ	92
3.1. Автокорреляционная функция	92
3.2. Анализ автокорреляционной функции применительно к периодическим сигналам	98
3.3. Анализ взаимной корреляции сигналов	101
3.4. Связь корреляционной функции со спектром сигнала	103
Контрольные вопросы к разделу 3	105
4. АНАЛИТИЧЕСКИЕ СИГНАЛЫ	107
4.1. Основные понятия и определения	107
4.2. Комплексное представление вещественных сигналов	107
4.3. Огибающая, частота и фаза узкополосного сигнала	109
4.4. Аналитический сигнал	114
4.5. Свойства аналитических сигналов и комплексной огибающей	118
4.6. Формирование аналитических сигналов	122
4.7. Примеры применения моделей в виде аналитических сигналов	123
4.7.1. Модель радиоимпульса. Огибающая и мгновенная фаза сигнала	123
4.7.2. Модель радиоимпульса. Мгновенная частота сигнала	125
4.8. Огибающие сигналов, полученных в процессе модуляции	127

4.8.1. Амплитудная модуляция без подавления спектральной составляющей несущего колебания	127
4.8.2. Амплитудная модуляция с подавленной спектральной составляющей несущего колебания (балансная модуляция)	128
4.8.3. Частотная модуляция сигналов	129
Контрольные вопросы к разделу 4	130
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	132
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	133