

А. И. Приходько

Детерминированные сигналы

*Рекомендовано УМО по образованию в области
телекоммуникаций в качестве учебного пособия для студентов
высших учебных заведений, обучающихся по направлению
подготовки дипломированных специалистов
210400 – «Телекоммуникации»*

Москва
Горячая линия - Телеком
2013

УДК 621.39 (075.8)
ББК 32.88 я73
П77

Рецензенты: кафедра «Вычислительной техники и автоматизированных систем управления» Кубанского государственного технологического университета (зав. кафедрой доктор техн. наук, профессор *В. И. Ключко*); доктор техн. наук, профессор *В. И. Лойко*

Приходько А. И.

П77 Детерминированные сигналы. Учебное пособие для вузов. – М.: Горячая линия–Телеком, 2013. – 326 с.: ил.

ISBN 978-5-9912-0262-6.

Рассмотрены основные характеристики, методы описания и преобразования детерминированных сигналов во временной и в частотной области. Даны определение и краткая классификация сигналов, рассмотрены основные характеристики и методы геометрического представления сигналов. Рассмотрены вопросы спектрального анализа периодических и непериодических сигналов, свойства и методы вычисления преобразования Фурье. Приведены основные модели испытательных сигналов и их спектры, дано определение и рассмотрены методы описания линейных стационарных систем во временной или в частотной области. Рассмотрены энергетические частотные характеристики и различные методы оценки эффективной ширины спектра сигналов, а также их авто- и взаимокорреляционные характеристики. Рассмотрены процессы дискретизации непрерывных видеосигналов во времени, их квантования по уровню и кодирования квантованных сигналов. Даны понятия комплексного узкополосного сигнала и его комплексной огибающей, определено преобразование Гильберта во временной и в частотной области, рассмотрены аналитический сигнал и его основные свойства и вопросы квадратурной дискретизации узкополосных сигналов. Теоретический материал сопровождается большим количеством примеров, представляющих самостоятельный интерес.

Для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению 210400 – «Телекоммуникации», будет полезно специалистам.

ББК 32.88 я73

Адрес издательства в Интернет WWW.TECHBOOK.RU

Учебное издание

Приходько Андрей Иванович
Детерминированные сигналы
Учебное пособие для вузов

Обложка художника В. Г. Ситникова

Подписано в печать 03.08.2012. Формат 60x88/16. Гарнитура Times New Roman.
Тираж 500 экз. (1-й завод 100 экз.) Уч.-изд. л. 20,38. Изд. № 120262.

ISBN 978-5-9912-0262-6

© А. И. Приходько, 2013

© Издательство «Горячая линия–Телеком», 2013

Предисловие

В предлагаемом издании рассмотрены методы представления и описания детерминированных сигналов, показана связь соответствующего математического аппарата и инженерных задач. Учебное пособие включает шесть глав и приложение.

В главе 1 «Основные характеристики сигналов» приведены определение и краткая классификация сигналов, рассмотрены основные характеристики и методы геометрического представления сигналов.

В главе 2 «Спектральный анализ сигналов» рассмотрены вопросы спектрального анализа периодических и непериодических сигналов, свойства и методы вычисления преобразования Фурье.

В главе 3 «Испытательные сигналы и линейные стационарные системы» приведены основные модели испытательных сигналов и их спектры, дано определение и рассмотрены методы описания линейных стационарных систем во временной или в частотной области.

В главе 4 «Энергетические частотные и корреляционные характеристики сигналов» рассмотрены энергетические частотные характеристики и различные методы оценки эффективной ширины спектра сигналов, а также их авто- и взаимокорреляционные характеристики.

В главе 5 «Аналого-цифровое преобразование непрерывных сигналов» обсуждены процессы дискретизации непрерывных видеосигналов во времени, их квантования по уровню и кодирования квантованных сигналов.

В главе 6 «Узкополосные сигналы» введены понятия комплексного узкополосного сигнала и его комплексной огибающей, определено преобразование Гильберта во временной и в частотной области, рассмотрены аналитический сигнал и его основные свойства, обсуждены вопросы квадратурной дискретизации узкополосных сигналов.

В приложении представлены справочные формулы и таблицы с краткими сведениями по свойствам преобразования Фурье, испытательных сигналов и преобразования Гильберта.

Приведено большое количество примеров, иллюстрирующих теоретический материал. Некоторая часть примеров предназначена также для того, чтобы ввести дополнительные понятия и определения. Для разграничения примеров и основного текста они завершаются символом ■.

В книге принята единая система обозначений: функции времени обозначены строчными латинскими буквами, а их спектры – соответствующими прописными буквами.

При подборе учебного материала использованы источники, указанные в списке литературы.

Глава 1

Основные характеристики сигналов

1.1. Определение и классификация детерминированных сигналов

Сигнал (лат. *signum* – знак) – это физический процесс, однозначно отображающий передаваемое сообщение.

Детерминированный сигнал задается детерминированной (неслучайной) функцией времени $u(t)$, мгновенные значения которой являются неслучайными величинами.

Сигнал как физический процесс всегда описывается действительной функцией времени $u(t)$. Поэтому в дальнейшем по умолчанию предполагается, что сигналы $u(t)$ – действительные. Случаи, когда для описания сигналов $u(t)$ используется комплексное представление, будут оговариваться особо.

Непрерывный (аналоговый) сигнал – это сигнал $u(t)$, который в произвольные моменты времени может принимать любые значения в некотором интервале.

Дискретный сигнал – это сигнал $u(t)$, который в дискретные моменты времени может принимать конечное число значений на некотором интервале.

Сигнал с интегрируемым квадратом (сигнал с ограниченной энергией, энергетический сигнал) – это сигнал $u(t)$, для которого выполняется соотношение

$$\int_{-\infty}^{\infty} u^2(t) dt < \infty. \quad (1.1)$$

Импульсный сигнал – это сигнал с конечной энергией, существенно отличный от нуля в течение ограниченного интервала времени.

Финитный сигнал – это сигнал $u(t)$, имеющий конечную длительность. Он отличен от нуля только на ограниченном промежутке времени – длительности сигнала T .

Оглавление

Предисловие	3
Глава 1. Основные характеристики сигналов	5
1.1. Определение и классификация детерминированных сигналов.....	5
1.2. Энергетические характеристики сигналов.....	12
1.3. Характеристики уровня сигналов.....	14
1.4. Временные характеристики сигналов.....	20
1.5. Геометрическое представление сигналов.....	28
1.6. Библиографические замечания и ссылки.....	41
Глава 2. Спектральный анализ сигналов	42
2.1. Спектральный анализ периодических сигналов.....	42
2.2. Спектральный анализ непериодических сигналов.....	57
2.3. Свойства преобразования Фурье.....	61
2.4. Библиографические замечания и ссылки.....	86
Глава 3. Испытательные сигналы и линейные стационарные системы	88
3.1. Испытательные сигналы.....	88
3.2. Спектры неинтегрируемых сигналов.....	94
3.3. Линейные стационарные системы.....	100
3.4. Библиографические замечания и ссылки.....	113
Глава 4. Энергетические частотные и корреляционные характеристики сигналов	114
4.1. Энергетические частотные характеристики и эффективная ширина спектра сигналов.....	114
4.2. Автокорреляционные характеристики сигналов.....	144
4.3. Взаимокорреляционные характеристики сигналов....	161
4.4. Библиографические замечания и ссылки.....	174

Глава 5. Аналого-цифровое преобразование непрерывных сигналов	176
5.1. Дискретизация непрерывных сигналов во времени...	176
5.2. Квантование непрерывных сигналов по уровню.....	186
5.3. Кодирование квантованных сигналов.....	217
5.4. Библиографические замечания и ссылки.....	225
Глава 6. Узкополосные сигналы	227
6.1. Комплексное представление узкополосных сигналов.....	227
6.2. Преобразование Гильберта.....	256
6.3. Свойства преобразования Гильберта.....	260
6.4. Аналитический сигнал.....	278
6.5. Дискретизация узкополосных сигналов.....	308
6.6. Библиографические замечания и ссылки.....	314
Литература	316
Приложение	320