

**Н. Н. Залогин, В. В. Кислов**

**ШИРОКОПОЛОСНЫЕ  
ХАОТИЧЕСКИЕ СИГНАЛЫ  
В РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ  
И ИНФОРМАЦИОННЫХ  
СИСТЕМАХ**

**Издательство «Радиотехника»**

**Москва 2006**

УДК 623.519  
324  
ББК 32.811

**Залогин Н. Н., Кислов В. В.**

**З 43 Широкополосные хаотические сигналы в радиотехнических и информационных системах.** – М.: Радиотехника, 2006. – 208 с.: ил.

**ISBN 5-88070-090-9**

Рассмотрены вопросы, связанные с генерацией интенсивных широкополосных хаотических колебаний в аналоговых и цифровых нелинейных системах. Подробно описаны микроволновые генераторы хаотических колебаний на электровакуумных и твердотельных элементах электроники СВЧ, а также алгоритмы реализации цифровых хаотических последовательностей заданного периода. Приведены возможные применения источников мощных широкополосных шумовых колебаний в радиотехнических и информационных системах. Проанализированы возможности радиолокации с использованием широкополосного шумового зондирующего сигнала, возможности применения таких сигналов в радиоэлектронной борьбе, в устройствах хранения и передачи информации, а также в дизайнерских разработках.

**УДК 623.519  
ББК 32.811**

**ISBN 5-88070-090-9**

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Посвящение .....	3
Предисловие .....	4
Введение .....	5
<b>Часть I. Хаотические сигналы и возможности их генерации .....</b>	<b>11</b>
<hr/>	
<b>ГЛАВА 1. Особенности хаотических сигналов различной природы и способы их описания .....</b>	<b>11</b>
1.1. Постановка вопроса .....	11
1.2. Классические подходы к описанию хаотических колебаний .....	12
1.3. Методы изучения специфики динамических систем с хаотическим поведением .....	20
1.4. Как изучать незнакомый хаотический сигнал? .....	26
Литература к гл. 1 .....	32
<b>ГЛАВА 2. Генерация широкополосных хаотических сигналов в микроволновом диапазоне. Способы и средства. История развития направления в ИРЭ РАН .....</b>	<b>33</b>
2.1. Немного истории .....	33
2.2. Плазменно-пучковые генераторы хаотических колебаний .....	39
2.3. Шумотрон .....	44
Литература к гл. 2 .....	49
<b>ГЛАВА 3. Математическое моделирование генерации хаотических колебаний в автогенераторах с запаздывающей обратной связью .....</b>	<b>51</b>
3.1. Первый сценарий. Простейшая математическая модель .....	51
3.2. Второй сценарий. Учет динамического набега фазы .....	56
3.3. Третий сценарий. Многомодовое возбуждение .....	58
3.4. Обобщенная модель шумотрона .....	59
3.4.1. Начальный шумовой сигнал .....	61
3.4.2. Методика численного эксперимента .....	64
3.4.3. Некоторые результаты .....	66
Литература к гл. 3 .....	72

<b>ГЛАВА 4. Генерация хаотических сигналов</b>	
<b>с помощью твердотельных элементов</b> .....	73
4.1. Фильтр на железоиттриевом гранате в цепи обратной связи .....	73
4.2. Автогенераторы с лавинно-пролетными диодами .....	75
4.3. Генерация широкополосных шумов в устройствах с диодами Ганна .....	79
4.4. Возбуждение шумовых колебаний в генераторах на СВЧ-транзисторах .....	79
4.4.1. Общий подход к структуре генератора .....	79
4.4.2. Моделирование .....	82
4.4.3. Физический эксперимент .....	84
Литература к гл. 4 .....	88
<b>ГЛАВА 5. Цифровые генераторы хаотических</b>	
<b>последовательностей</b> .....	89
5.1. Постановка вопроса .....	89
5.2. Способы генерации псевдослучайных последовательностей .....	91
5.3. Оценка качества целочисленных последовательностей, генерируемых с помощью алгоритмов большой размерности .....	94
5.4. Некоторые возможности идентификации алгоритмов генерации целочисленных последовательностей .....	101
Литература к гл. 5 .....	103
<b>Часть II. Применение хаотических сигналов</b> .....	
<hr/>	
<b>ГЛАВА 6. Применение источников широкополосного шума</b>	
<b>в радиоэлектронной борьбе</b> .....	104
6.1. Постановка вопроса .....	104
6.2. Маскирующие сигналы .....	108
6.3. Возможности радиоэлектронного противодействия обзорным РЛС с помощью шумовой помехи .....	115
6.4. Возможности противодействия средствам радиотехнической разведки .....	122
6.5. Побочные излучения цифровой техники и возможности их маскировки с помощью широкополосных шумов малой интенсивности .....	123
6.6. Обсуждение результатов .....	126
Литература к гл. 6 .....	128

<b>ГЛАВА 7. Радиолокация на широкополосном хаотическом сигнале</b> .....	129
7.1. Коротко об основных принципах активной радиолокации	129
7.2. Вопросы, связанные с выбором зондирующего сигнала ...	130
7.3. Специфика работы РЛС с шумовым зондирующим сигналом .....	136
7.4. Компьютерное моделирование шумовой радиолокации ...	139
7.4.1. Формирование шумового сигнала .....	140
7.4.2. Моделирование корреляционного приема .....	141
7.4.3. Точность измерений, «мертвая зона» и разрешающая способность радиолокации с двойной спектральной обработкой шумового широкополосного сигнала .....	144
7.4.4. Несколько целей в луче .....	147
7.4.5. Особенности, связанные с движением цели .....	149
7.4.6. Влияние дисперсии на трассе «передатчик–цель–приемник» .....	153
7.4.7. Проблемы помехоустойчивости .....	154
7.4.8. Возможности использования двойной спектральной обработки для увеличения разрешающей способности по угловым координатам .....	156
7.4.9. Учет временного фактора .....	158
7.5. Экспериментальные исследования шумовых РЛС с двойной спектральной обработкой сигнала .....	160
7.6. Возможные применения шумовых РЛС .....	164
7.7. Специфика использования широкополосных хаотических сигналов при акустических методах локации .....	167
7.7.1. Определение координат неподвижных целей .....	170
7.7.2. Работа с движущимися целями .....	172
Литература к главе 7 .....	177
<b>ГЛАВА 8. Хаотические сигналы в системах связи и информатики</b> .....	179
8.1. Общие сведения .....	179
8.2. Особенности и ограничения при временном разделении хаотических сигналов .....	181
8.3. Связь на хаотических сигналах с кодовым разделением каналов .....	184
8.4. Использование цифровых хаотических последовательностей для кодирования и шифрования графической информации .....	190
8.5. Возможности использования хаотических множеств для создания цветных орнаментов .....	196
Литература к гл. 8 .....	200
<b>Broadband Chaotic Signals in Radio Engineering and Information Systems</b> .....	201
	<b>205</b>