

В.А. КОТЕЛЬНИКОВ

СОБРАНИЕ ТРУДОВ

к 100-летию со дня рождения

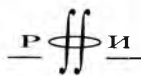
ТОМ 1

РАДИОФИЗИКА,
ИНФОРМАТИКА,
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ



МОСКВА
ФИЗМАТЛИТ®
2008

УДК 621.37
ББК 32.8
К 73



Издание осуществлено при поддержке
Российского фонда фундаментальных
исследований по проекту 08-07-07012

Котельников В. А. **Собрание трудов. Т. I. Радиофизика, информатика, телекоммуникации.** — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. — 520 с. — ISBN 978-5-9221-1011-2.

В первый том собрания трудов выдающегося российского ученого, академика В. А. Котельникова (1908–2005), подготовленного к 100-летию ученого, вошли его работы по радиофизике, радиотехнике, теории информации и криптографии, написанные в период 1927–1997 гг. Впервые публикуется его знаменитая работа «О пропускной способности “эфира” и проволоки в электросвязи», написанная в 1932 году, в которой было введено понятие о количестве информации, а также доказана возможность и предложен способ цифровой передачи аналогового сигнала. Включена также «Теория потенциальной помехоустойчивости», являющаяся настольной книгой многих поколений ученых и инженеров и не переиздававшаяся более полувека. В этот том вошли творческая биография ученого и комментарии самого В. А. Котельникова и его коллег к опубликованным в этом томе работам.

Для ученых, инженеров и разработчиков радиоаппаратуры, а также для всех, кого интересует история отечественной науки.

Комиссия по изданию трудов В. А. Котельникова

Ю. В. Гуляев (председатель комиссии)

Н. Н. Удалов (зам. председателя комиссии)

Н. А. Арманд

С. М. Володарская

Е. С. Зайко

Н. В. Котельникова

С. А. Никитов

К. А. Победоносцев

С. М. Смольский

В. А. Черепенин

И. И. Чусов

Составитель — Н. В. Котельникова

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	9
Творческая биография В. А. Котельникова	10

Часть I

Тройной характерограф	33
Теория нелинейного фильтра с делением частоты пополам	39
Многokратная буквопечатающая установка Сименс–Вердан для работы по радио	51
О пропускной способности «эфира» и проволоки в электросвязи	90
Количественная оценка различных методов борьбы с замиранием	110
О воздействии на нелинейные сопротивления суммы синусоидальных напряжений	126
Еще об устойчивости синхронизации при приеме фазовой телеграфной передачи	138
Мощные коротковолновые передатчики с автоматическим управлением	141
Основные положения автоматической шифровки	153
Спектры «гладких» помех	160
Количественные соотношения в «гладких» или нормально хаотических помехах	163
Проблемы помехоустойчивой радиосвязи	166
Сигналы с максимальной и минимальной вероятностями обнаружения	173
Теория параметрических усилителей в схемах с циркуляторами	181
Исследования в области радиотехники и электроники, проведенные в ИРЭ АН СССР в 1953–1978 гг.	229

Исследования в области радиотехники и электроники, проведенные в ИРЭ АН СССР в 1979–1984 гг.	254
Сигналы с минимальной энергией вредного спектра	277
Импульсы с наименьшей энергией в спектре за пределами заданной полосы	289

Часть II

Теория потенциальной помехоустойчивости

Предисловие ко второму изданию	304
Предисловие к английскому переводу	308
Предисловие к английскому переводу	312

I

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ

Глава 1. Введение

1.1. Методы борьбы с помехами	313
1.2. Классификация помех	313
1.3. Сообщения и сигналы	314
1.4. Содержание данной работы	315

Глава 2. Вспомогательный математический материал

2.1. Некоторые определения	317
2.2. Линейное выражение функций при помощи единичных ортогональных функций	318
2.3. Нормально флюктуационное колебание	321
2.4. Выражение нормально флюктуационного колебания рядом Фурье	325
2.5. Линейные функции независимых нормальных случайных величин	327
2.6. Вероятность попадания нормально флюктуационного колебания в данную область	329
2.7. Геометрическое толкование полученных соотношений	330

II

ПЕРЕДАЧА ДИСКРЕТНЫХ СООБЩЕНИЙ

Глава 3. Дискретные сообщения и сигналы

3.1. Дискретные сообщения и сигналы	333
3.2. Идеальный приемник	334
3.3. Геометрическое толкование материала гл. 3	337

Глава 4. Помехоустойчивость при сигналах с двумя значениями

4.1. Вероятность искажения при идеальном приемнике.	338
4.2. Влияние отношения $P(A_1)/P(A_2)$	341
4.3. Потенциальная помехоустойчивость при передаче с пассивной паузой	343
4.4. Потенциальная помехоустойчивость при классическом телеграфном сигнале	344
4.5. Помехоустойчивость при классическом телеграфном сигнале и приеме с синхронным детектором	344
4.6. Помехоустойчивость при классическом телеграфном сигнале и приеме с обычным детектором	348
4.7. Выводы относительно помехоустойчивости систем с пассивной паузой	350
4.8. Оптимальная система передачи с активной паузой.	350
4.9. Помехоустойчивость при частотной манипуляции	352
4.10. Потенциальная помехоустойчивость при нормально флюктуационной помехе с интенсивностью, зависящей от частоты.	354
4.11. Геометрическое толкование материала гл. 4	356

Глава 5. Помехоустойчивость при сигналах со многими значениями

5.1. Решение задачи в общем виде	357
5.2. Потенциальная помехоустойчивость при ортогональных равновероятных сигналах, имеющих одинаковую энергию.	358
5.3. Пример телеграфной передачи с 32 ортогональными сигналами	359
5.4. Потенциальная помехоустойчивость при составных сигналах.	360
5.5. Пример пятизначного кода.	362
5.6. Оптимальная система при сигналах со многими дискретными значениями	363
5.7. Приближенная оценка потенциальной помехоустойчивости	367
5.8. Пример передачи цифр кодом Морзе	368

III

ПЕРЕДАЧА ОТДЕЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ

Глава 6. Общая теория влияния помех на передачу отдельных значений параметров

6.1. Общие соображения	372
6.2. Определение вероятности передававшегося параметра	373
6.3. Функция $P_x(\lambda)$ вблизи наименее вероятного значения $\lambda_{\text{хн}}$	375
6.4. Ошибки и потенциальная помехоустойчивость при помехе малой интенсивности.	376
6.5. Второй метод определения ошибок и потенциальной помехоустойчивости при помехе малой интенсивности	378

6.6. Итоги гл. 6	381
6.7. Геометрическое толкование материала гл. 6	382

Глава 7. Помехоустойчивость при разных системах передачи параметров

7.1. Амплитудная модуляция	383
7.2. Линейная модуляция.	384
7.3. Общий случай время-импульсной модуляции	385
7.4. Частный случай время-импульсной модуляции (потенциальная помехоустойчивость).	386
7.5. Частный случай время-импульсной модуляции (помехоустойчивость при первом методе приема)	388
7.6. Частный случай время-импульсной модуляции (помехоустойчивость при втором методе приема)	390
7.7. Частотная модуляция (общий случай)	393
7.8. Частотная модуляция (частный случай)	395
7.9. Повышение помехоустойчивости без увеличения энергии, длительности и ширины спектра сигнала.	396

Глава 8. Помехоустойчивость при больших помехах

8.1. Вывод общей формулы для оценки влияния помехи большой интенсивности	398
8.2. Сравнение формул для малых и больших помех	401
8.3. Время-импульсная модуляция.	401
8.4. Частотная модуляция	404
8.5. Система повышения помехоустойчивости без увеличения энергии, длительности и ширины спектра сигнала	404
8.6. Геометрическое толкование результатов гл. 8	406

IV

ПЕРЕДАЧА КОЛЕБАНИЙ

Глава 9. Общая теория влияния малых помех на передачу колебаний

9.1. Общие соображения	408
9.2. Влияние малых помех на передаваемые колебания.	409
9.3. Условия идеального приемника.	411
9.4. Способ осуществления идеального приемника.	412
9.5. Искажения при идеальном приеме	413
9.6. Краткое резюме гл. 9	415

Глава 10. Прямые системы модуляции

10.1. Определение	415
10.2. Вывод общих формул	416

10.3. Потенциальная помехоустойчивость при амплитудной и линейной модуляции	417
10.4. Потенциальная помехоустойчивость при фазовой модуляции	418
10.5. Помехоустойчивость при амплитудной модуляции и обычном приеме	419
10.6. Помехоустойчивость при фазовой модуляции и обычном приеме	420
10.7. Помехоустойчивость при передаче одной боковой полосой	421

Глава 11. Импульсные системы модуляции

11.1. Определение	422
11.2. Пример осуществления импульсной системы модуляции	423
11.3. Потенциальная помехоустойчивость при импульсной системе модуляции	425
11.4. Помехоустойчивость приемника, разобранный в § 11.2	427
11.5. Потенциальная помехоустойчивость при амплитудно-импульсной модуляции	430
11.6. Потенциальная помехоустойчивость при время-импульсной модуляции	431
11.7. Потенциальная помехоустойчивость при частотно-импульсной модуляции	432

Глава 12. Интегральные системы модуляции

12.1. Определение	433
12.2. Потенциальная помехоустойчивость при интегральных системах модуляции	433
12.3. Потенциальная помехоустойчивость при частотной модуляции	435

Глава 13. Оценка влияния больших помех на передачу колебаний

13.1. Общие соображения	436
13.2. Максимальная разборчивость переданных колебаний	436
13.3. Максимальная разборчивость при фазовой модуляции	438
13.4. Максимальная разборчивость при малых помехах	439
13.5. Максимальная разборчивость при малых помехах и фазовой модуляции	440

Приложение А. Удельная энергия высокочастотных колебаний	442
Приложение Б. Выражение нормально флюктуационного колебания двумя амплитудно-модулированными колебаниями	442
Приложение В. Мгновенное значение нормально флюктуационного колебания	444
Приложение Г. Нормально флюктуационное колебание из произвольных импульсов	444

ПРИЛОЖЕНИЕ

Российские математики о работе В. А. Котельникова «О пропускной способности «эфира» и проволоки в электросвязи»	450
Происхождение теоремы о выборках. <i>Ханс Диетер Люке</i>	453
The Sampling Theorem — An Essential Element of Digital Communications Technology. <i>Hans Dieter Luke</i>	461
Основоположник отечественной засекреченной телефонной связи. <i>Н. Н. Андреев, А. П. Петерсон, К. В. Прянишников, А. В. Старовойтов</i>	463
Квантовая криптография и теорема В. А. Котельникова об одноканальных ключах. <i>С. Н. Молотков</i>	472
Лидер научно-технической революции. <i>Р. Ф. Григорьев</i>	479
Теория потенциальной помехоустойчивости как основа статистической радиотехники. <i>А. В. Соколов, Л. И. Филиппов</i>	486
Роль В. А. Котельникова в становлении радиофизики и радиотехники. <i>Н. А. Арманд</i>	503
На передовых рубежах науки. <i>А. Н. Выставкин</i>	511