

## Предисловие ко второму изданию

Книга подвергалась некоторой переработке: часть материалов исключена, исправлены замеченные ошибки.

## Из предисловия к первому изданию

В данном, втором томе книги под общим названием «Случайные процессы в радиотехнике» рассматривается решение нелинейных задач, возникающих не только в радиотехнике, но и в автоматическом управлении, в технике измерений и других дисциплинах, в которых рассматривается обработка сигналов в присутствии мешающих воздействий (помех).

История развития нелинейных методов статистической радиотехники немыслима без приоритетных работ П.Н. Кузнецова, Р.Л. Стратоновича\*, В.И. Тихонова, которые были переведены на английский язык\*\*. По книгам профессора В.И. Тихонова училось не одно поколение советских и российских инженеров.

В настоящее время, по мнению автора, возник дефицит учебной литературы по данному направлению. Автор надеется восполнить этот пробел публикацией второго тома указанной книги.

Предметом рассмотрения здесь являются как методы исследования нелинейных систем, находящихся под воздействием случайных сигналов и помех, так и анализ и синтез самих нелинейных устройств.

Изложены наиболее употребительные на практике методы исследования, такие как широко известный метод статистической линеаризации, часто используемый при исследовании не только радиотехнических устройств (РТУ), но и приборов автоматического управления, кроме того изложены методы прямого анализа, контурных интегралов (характеристических функций), марковских случайных процессов.

Изложение указанных методов сопровождается не только решением учебных примеров, но иллюстрируется анализом таких нелинейных устройств, как детекторы (амплитудные, частотные, фазовые),

---

\* Р.Л. Стратонович — всемирно известный ученый, является создателем теории нелинейной оптимальной фильтрации.

\*\* Kuznetsov P.I., Stratonovich R.L., Tikhonov V.I. Non-linear transformations of stochastic process. N.Y.: Pergamon Press, 1965. 498 pp.

генераторы (с мягким и жестким возбуждением), фазовая автоподстройка частоты, корреляторы и др.

В начале излагаются главы, посвященные нелинейным преобразованиям случайных величин, которые можно рассматривать как сечения случайных процессов. Кроме того, более детально рассмотрены нелинейные задачи оптимальной фильтрации. Следует отметить, что значительное число задач по рассматриваемой теме имеется в книгах: «Случайные процессы. Примеры и задачи». Т. 2. «Линейные и нелинейные преобразования», а также Т. 3 «Оптимальная фильтрация, экстраполяция и моделирование» (М.: Радио и связь, 2004), авторы: В.И. Тихонов, Б.И. Шахтарин, В.В. Сизых.

Автор благодарен всем, кто откликнулся на публикацию книг автора, в первую очередь своим студентам и аспирантам, указавшим на опечатки. Особая благодарность д-ру техн. наук, проф. В.И. Тихонову, с которым автора связывают многие годы ученичества и сотрудничества, а также д-ру техн. наук, проф. В.И. Хименко и канд. техн. наук, чл. корр. РАЕН Ю.А. Чернышову — бессменному создателю книг автора в компьютерной форме.

Кроме того, автор благодарит своих рецензентов д-ра техн. наук проф. Г.А. Андреева и д-ра техн. наук проф. Н.Н. Удалова.

Данная книга предназначена для студентов старших курсов, аспирантов, может быть также использована преподавателями радиотехнического цикла.

## Введение

Данный, второй том книги «Случайные процессы в радиотехнике» посвящается нелинейным преобразованиям случайных процессов в радиотехнических устройствах (детекторах, усилителях, смесителях, модуляторах, в приемниках в целом).

Весь материал второго тома разбит на девять разделов, каждый из которых тематически, как правило, однороден.

В первом разделе «Безынерционные преобразования» рассмотрены методы исследования безфильтровых устройств с нелинейными характеристиками. В таких устройствах удастся найти на их выходе не только числовые характеристики процесса, но и плотность распределения вероятности (ПРВ) в одномерных и многомерных сечениях случайного процесса (СП). Рассмотрены нелинейные преобразования как одномерных, так и многомерных случайных величин (СВ).

Во втором разделе под названием «Прямой метод анализа и его приложения» рассмотрены основные положения прямого метода анализа нелинейных устройств, так и приложения прямого метода к анализу квадратичного детектора при воздействии на него одного шума, а также шума вместе с сигналом. Далее исследуется прохождение сигнала и шума через частотный детектор при использовании модели Райса. Анализируется также и фазовый детектор при шумовом воздействии на него наряду с сигналом.

В третьем разделе «Методы характеристических функций, Прайса и статистической линеаризации», как следует из названия раздела, рассматривается применение указанных методов для исследования различных нелинейных устройств как безынерционных, так и при наличии инерционных элементов (фильтров). Приводится большое число примеров.

В разделе четвертом «Использование методов анализа при исследовании линейного детектора и ограничителя» показано применение методов третьего раздела к исследованию линейного детектора и ограничителя.

В разделе пятом «Выбросы случайных процессов» даны общие теоретические сведения о выбросах СП и приводятся примеры вычисления характеристик выбросов.

Далее, в более чем одной трети всех глав излагается метод марковских случайных процессов (МСП) и его применение для анализа и синтеза нелинейных систем.

В разделе шестом «Метод марковских случайных процессов и его приложение» даны основные положения метода МСП применительно к исследованию динамических систем, приводятся прямое и обратное уравнения Колмогорова, даются примеры приложения метода к анализу квазилинейных стохастических уравнений, рассматриваются задачи на достижение границ.

В разделе седьмом «Марковские модели нелинейных систем» рассматривается анализ генераторов при мягком и жестком возбуждении при наличии шума, исследуется фазовая автоподстройка (ФАП) при шумовом воздействии, причем, рассматривается три разновидности ФАП: непрерывная, импульсная и цифровая.

Наконец, в последнем, восьмом разделе «Нелинейная оптимальная фильтрация» представлен материал по синтезу оптимальных нелинейных устройств. Приводятся основные сведения и соотношения нелинейной оптимальной фильтрации, приводится новая классификация нелинейных и квазилинейных фильтров на базе фильтров Стратоновича. Рассматриваются фильтры Стратоновича первого и второго порядков, а также расширенный фильтр Стратоновича (РФС). Приводятся многочисленные примеры расчета этих фильтров, в частности рассматриваются квазиоптимальные приемники амплитудно-, фазово- и частотномодулированных радиосигналов.