

Предисловие

В настоящее время имеется много прекрасных учебников по радиолокации, но что-то, естественно, постепенно устаревает. Сегодня студентам не рекомендуют делать ссылки на литературу старше 10 лет, поэтому часто приходилось перерабатывать некоторые справочные издания и задачки, без претензий на авторство. В то же время радиолокация не стоит на месте, появляются ее новые виды, среди которых — стохастическая радиолокация, поэтому возникают новые задачи. В стохастической радиолокации обрабатываются не только случайные сигналы (шум, помехи, некоторые модели сигналов и т. п.), но и хаотизируются (рандомизируются) параметры полезных и сигналов. В некоторых случаях хаотизируются параметры обработки, которые ранее были детерминированными.

В качественном плане фундаментальные основы радиолокации сохраняются, так как известно, что «классика» не устаревает. В то же время появляются новые направления. В теории и технике обработки радиолокационных сигналов появились новые виды обработки и формирования сигналов:

- ассоциативная (многопроцессорная);
- пространственно-временная;
- синтез апертуры;
- фрактальный анализ (фрактальная обработка);
- вейвлет-анализ и др.

Мы посчитали возможным сделать небольшой шаг — реализовать сочетание «классики» и «нового» путем избранного цитирования основных положений радиолокации (фундаментальных основ) из известных учебников с одновременным введением новых элементов, являющихся наработками авторов.

Среди этих наработок можно назвать следующие. Это стохастическая радиолокация: стохастическая линейаризация эффектов дискретной и цифровой обработки грубых булевых и бинарно-знаковых статистик сигналов в радиолокационных станциях

(РЛС) с селекцией движущихся целей и фазированными антенными решетками, рандомизация процедур обнаружения и измерения параметров повторяющегося сигнала, пространственно-временная и робастная обработка сигналов и ряд других.

Объектом научных исследований, описываемых в книге, является радиолокация с цифровой обработкой пространственно-временных (ПВ) сигналов и высокими инструментальными возможностями, достигаемыми хаотизацией формирования и обработки сигналов в условиях использования грубых статистик (ГС): бинарных $[0, 1]$ и бинарно-знаковых $[-1, +1]$.

Приводятся результаты теоретических и экспериментальных исследований решения традиционных задач радиолокации и радиосвязи: обнаружения, разрешения, дискретизации и квантования, фильтрации сигналов с использованием нового стохастического подхода. В качестве детального объекта исследования взяты многоканальные (многоэлементные) системы современных РЛС с системами цифровой ПВ обработкой с многолучевыми фазированными антенными решетками (ФАР).

В монографии изучены способы хаотизации (рандомизации) условий процесса «приём-передача» сигналов, путём введения в процесс наблюдения цели в РЛС случайных процедур и компонент: вобуляции периода дискретизации, перестройки несущей частоты, случайного поиска, случайной модуляции порогов квантования, использования стохастических шкал квантования, эталонных случайных добавок и т. п. Предложено пороги дискретизации задавать не физическими величинами, а их математическими ожиданиями, по Ляпунову, т. е. подходу, основанному на аппарате характеристических функций.

Хаотизация детерминированных сигналов в таких системах осуществляется с целью устранения влияния стробоскопических, интерференционных эффектов, уменьшения шумов квантования, боковых лепестков, линейаризации тракта приёма и обработки сигналов, преодоления многосигнальных режимов работы в системах радиолокации и радиотехнической разведки, формирования амплитудно-частотных (АЧХ) и диаграммо-образования ФАР современных бортовых РЛС авиационного и космического базирования, беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) с целью их защиты от пассивных и активных помех при учёте траекторного ресурса.

Указанные обстоятельства, определившими актуальность исследований, открылись тем, что в теории потенциальной поме-

хоустойчивости В.А. Котельникова были найдены пределы, связанные с энергией сигнала и спектральной плотности мощности шума приёмника, в то же время не в полной мере были проработаны вопросы выбора вида сигнала и, соответственно, выбора способов их обработки: дискретизации, квантования, цифровой фильтрации ПВ сигналов. Это не было предметом исследований упомянутой теории, однако часто приходится решать инженерные задачи подобного плана.

Исследования посвящены устранению эффектов дискретизации и квантования сигналов в обобщении дискретизации сигналов не только по амплитуде, времени и частоте, но и по пространству и пространственным частотам (угловым направлениям).

Цель работы состоит в реализации цифровых фильтров (ЦФ) и ФАР с ПВ обработкой сигналов, когда наряду с основной задачей нахождения алгоритмов, оптимальных с точки зрения того или иного критерия, приходится решать задачи преобразования сигналов из аналоговой формы в цифровую и разрабатывать методы уменьшения результирующих ошибок на выходе ЦФ, обусловленных ошибками квантования и округлением результатов сложения и умножения.

В настоящей монографии, позиционируемой как «Справочное учебное пособие» по «Основам теории и расчётов по стохастической радиолокации», сформулированы основные положения теории цифровой стохастической обработки сигналов, актуальной для РЛС с ФАР, когда число элементов ФАР достаточно большое, а «грубое» квантование в квадратурах каждого канала позволяет упростить техническую реализацию. Это всегда было возможно, но в теории потенциальной помехоустойчивости это не было предусмотрено.

Таким образом, предлагаемую читателям монографию можно назвать обзорно-реферативным аналитическим Справочником и в указанном выше смысле промежуточным этапом в оформлении зарождающегося направления «Современная радиолокация».

Монография состоит из шести частей и 26 «сквозных» разделов.

В части I проведён анализ характеристик и инструментальных возможностей псевдошумовой радиолокации высокого разрешения с хаотизацией неинформативных параметров и рандомизацией обработки сигналов.

В части II рассмотрены расчёты моментов случайных величин (СВ), применимых не только для расчётов СВ (шумов, помех), но и рандомизирующих СВ.

В части III рассмотрены расчёты случайных процессов (СП), применимых не только для расчётов традиционных СП, но и рандомизирующих.

В части IV рассмотрены вопросы применения процедур рандомизации в радиолокации.

В части V приведены решения задач из частей II и III.

В части VI приведены краткие ответы на задачи из частей II и III.

**Ни телеграммы нету,
ни письма,
Но есть игра случайности
слепой.
И если просто выйдешь
На перрон,
То кто-нибудь приедет
непременно.**

В. Незвал «Вильсоновский вокзал»