

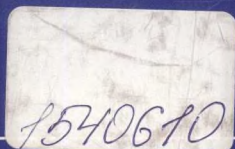
Научная серия «РАДИОЛОКАЦИЯ. ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА»

Редактор А.Б. Бляхман

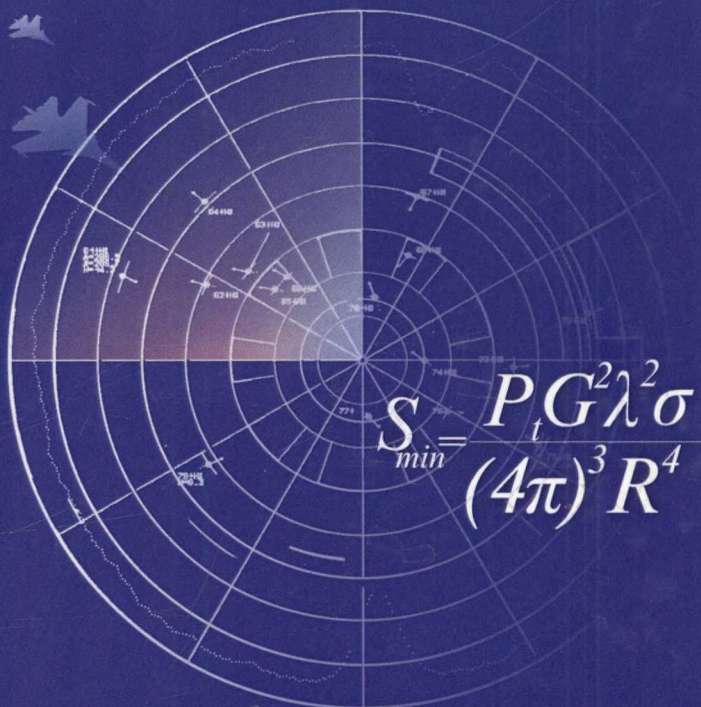


РАДИОЛОКАЦИЯ

РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ



книга 2



Научная серия
«РАДИОЛОКАЦИЯ. ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА»

Редактор д.т.н. А.Б. Бляхман

РАДИОЛОКАЦИЯ

**РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ
И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ**

КНИГА 2

Под редакцией д.т.н. А.Б. Бляхмана

Москва
Радиотехника
2019

УДК 621.37 + 621.396

DOI 10.18127/B9785931081922

ББК 32.95

Р 15

Научная серия
«Радиолокация. Теория и практика»
Редактор серии – д.т.н. А.Б. Бляхман

Редакционный совет:

А.Б. Бляхман (председатель), Г.А. Егорочкин, В.Д. Ястребов, А.Г. Рындык, В.И. Есиленко, Е.С. Фитасов, А.В. Мякинков, В.Т. Ермолаев, А.Г. Флак-сман, А.В. Разин, С.Н. Матюгин, Д.Н. Лысяков, Н.А. Бичуч, С.В. Герашен-ко, С.А. Говядинов, М.П. Корягина, В.Ю. Омельщина, Е.К. Обрезанова

Рецензенты:

Е.С. Фитасов – д.т.н., доцент;

И.Я. Орлов – д.т.н., проф.,

лауреат премии Правительства Российской Федерации

**Р 15 Радиолокация. Результаты теоретических и эксперимен-
тальных исследований.** Монография. В 2-х книгах. Кн. 2 / Под ред.
А.Б. Бляхмана. – М.: Радиотехника, 2019. – 340 с., ил. (Науч. серия
«Радиолокация. Теория и практика»). Авторы указаны на с. 336–339.

ISBN 978-5-93108-192-2

Рассмотрено общее состояние и показаны перспективы развития радиолокации, исследованы наиболее важные задачи и проблемы и даны способы их решения. Освещены вопросы обработки сигналов и информации, технологии и конструирования радиотехнической аппаратуры. Приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований и опытно-конструкторских работ. Показаны пути обнаружения и нейтрализации диверсионных террористических угроз.

Для инженеров, конструкторов, научно-технических работников, занимающихся традиционной, ближней и нелинейной радиолокацией, а также обработкой радиолокационных и акустических сигналов и оптических изображений. Может быть полезна аспирантам и студентам высших технических учебных заведений.



УДК 621.37 + 621.396

ББК 32.95

ISBN 978-5-93108-192-2

© Авторы, 2019

© ООО «Издательство «Радиотехника», 2019

Содержание

1

РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ И РАДИОНАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И УСТРОЙСТВА

1.1. Применение принципов фрактально-скейлинговой или масштабно-инвариантной радиолокации в РСА, БЛА и ММО-системах	15
--	-----------

А.А. Потапов

Рассмотрен новый вид и новый метод современной радиолокации: фрактально-скейлинговая или масштабно-инвариантная радиолокация, который влечет за собой коренные изменения в самой структуре теоретической радиолокации и в ее математическом аппарате.

Представлены новые топологические признаки и методы обнаружения малоконтрастных объектов на фоне интенсивных шумов и помех.

Рассмотрены наиболее важные для инженерного проектирования вопросы и принципы построения фрактальных радиолокаторов.

Предложены фрактальные подходы к решению задач радиолокации на всех этапах обработки и реализации поступающей информации, в частности, фрактально-скейлинговый подход к ММО-системам и для БЛА.

Продемонстрирована перспективность применения фрактально-скейлинговой обработки данных РСА авиационного и космического базирования для решения современных задач радиолокации, в том числе и для автоматического обнаружения разнообразных объектов.

Ключевые слова: фрактал, скейлинг, дробный оператор, текстура, обнаружитель сигналов, радиолокация, радиофизика, радиотехника, радиосистемы, ММО-системы.

1.2. Использование ЛЧМ-ионозонда-радиопеленгатора в качестве загоризонтного КВ-радар бистатической конфигурации для позиционирования ионосферных неоднородностей и неровностей земной поверхности	40
--	-----------

В.П. Урядов, Г.Г. Вертоградов, М.С. Скляревский, Ф.И. Выборнов

Рассмотрены возможности позиционирования ионосферных неоднородностей и неровностей земной поверхности с помощью ЛЧМ-ионозонда-радиопеленгатора, используемого в качестве загоризонтного КВ-радар бистатической конфигурации на трассе Кипр – Ростов-на-Дону.

Установлено, что наблюдаемые на трассе Кипр – Ростов-на-Дону в вечернее и ночное время на частотах выше максимальной наблюдаемой частоты прямого сигнала диффузные сигналы малой амплитуды, приходящие с азимутов $\sim 310 \dots 50^\circ$, обусловлены обратным рассеянием на мелкомасштабных неоднородностях F-слоя среднеширотной ионосферы.

Показано, что регистрируемые на трассе Кипр – Ростов-на-Дону сигналы типа возвратно-наклонного зондирования (ВНЗ) обусловлены боковым рассеянием радиоволн от горных массивов Кавказа – Иранского нагорья и Родопских гор.

Ключевые слова: ионосферное распространение радиоволн, ЛЧМ, ионозонд-радиопеленгатор, загоризонтный радар, бистатическая радиолокация, наклонное зондирование, возвратно-наклонное зондирование.

1.3. Однопозиционное определение местоположения источника радиоизлучения в ДКМВ-диапазоне 49

Г.Г. Вертоградов, В.П. Урядов, Е.Г. Чайка, В.А. Валов, Ф.И. Выборнов, А.В. Першин, А.С. Стародубровский

Представлены результаты однопозиционного определения местоположения источника радиоизлучения на среднеширотной трассе Васильсурск – Ростов-на-Дону с помощью ЛЧМ-ионозонда-радиопеленгатора.

Показано, что типичная относительная погрешность определения дальности до источника радиоизлучения и при использовании прогностической модели ионосферы IRI-2012, и в условиях ее коррекции по данным станции вертикального зондирования, составляет 13 %.

Ключевые слова: пеленгатор-дальномер, ЛЧМ-ионозонд-радиопеленгатор, источник радиоизлучения, ионосфера, угловые измерения, перемещающиеся ионосферные возмущения, моделирование, позиционирование.

1.4. Синхронизация внутренних таймеров устройств и определение расстояния между ними по беспроводной сети 60

Е.С. Фитасов, Д.Н. Ивлев, Н.С. Морозов, А.В. Пучков

Показана возможность использования беспроводной сети для синхронизации времени и относительного позиционирования ее узлов.

Рассмотрены особенности технологии Wi-Fi, препятствующие достижению высокой точности синхронизации и измерения расстояния между узлами беспроводной сети.

Экспериментально исследованы практически достижимые значения погрешностей синхронизации и измерения расстояния на примере микросхемы приемопередатчика СС 3100 и предложены способы уменьшения данных погрешностей.

Ключевые слова: синхронизация системных часов, относительное позиционирование, беспроводная сеть, медианная фильтрация.

1.5. Обработка методом глубоких сверточных нейронных сетей радиолокационных изображений из баз данных CARABAS-II и MSTAR 72

Е.А. Казачков, С.Н. Матюгин, И.В. Попов, В.В. Шаронов

Предложены варианты решения задачи обнаружения и распознавания объектов на радиолокационных изображениях, базирующиеся на современном методе глубоких сверточных нейронных сетей.

Рассмотренные алгоритмы являются альтернативными классическим, использующим эвристики, подобранные экспертным образом, и позволяют обнаруживать объекты на радиолокационных изображениях и распознавать их. Для работы этих алгоритмов были использованы реальные изображения из баз данных CARABAS-II и MSTAR.

Предложенные алгоритмы показали высокую точность и скорость обработки данных.
Ключевые слова: радиолокатор с синтезированной апертурой, цифровая обработка радиолокационных сигналов, сверточные нейронные сети, обнаружение наземных объектов, распознавание наземных объектов.

1.6. Средства и способы обработки радиолокационных датчиков сверхмалой дальности 86

А.В. Курбаков

Представлены результаты разработки исследовательских и моделирующих приборов, а также прикладных компьютерных программ, необходимых для создания и обработки на различных этапах разработки радиолокационных датчиков сверхмалой дальности, работающих в миллиметровом диапазоне длин волн.

Ключевые слова: радиолокационный датчик, характеристики рассеяния, вероятность срабатывания.

1.7. Модификация проекционного многосеточного метода решения обратной задачи в радиолокационном канале с рассеянием и исследование ее эффективности для распознавания классов сосредоточенных объектов наблюдения по их протяженности 91

Д.В. Панов

Предложена модификация проекционного многосеточного метода решения обратной задачи в радиолокационном канале с рассеянием, обеспечивающая квазиоптимальное оценивание непрерывных радиолокационных портретов сосредоточенных объектов наблюдения.

Для оценки эффективности предложенной модификации проекционного метода были исследованы ее возможности по классификации сосредоточенных объектов радиолокационного наблюдения по их радиальной протяженности.

Ключевые слова: сосредоточенный объект, обратная задача рассеяния, оценивание радиолокационных портретов, распознавание по протяженности.

1.8. Алгоритм сопровождения групповой воздушной цели в сомкнутом боевом порядке 112

А.А. Сударченко, Е.Н. Андреев, С.А. Задворнов

Рассмотрен алгоритм сопровождения групповой воздушной цели в сомкнутом боевом порядке, а также синтез структуры подсистемы траекторного сопровождения групповой воздушной цели при байесовском подходе.

Ключевые слова: активная радиолокационная головка самонаведения, управляемая ракета, воздушная цель.

1.9. Моделирование и исследование характеристик широкополосного диодного детектора 117

А.А. Чиликов, А.В. Пучков

Приведены результаты компьютерного моделирования широкополосного диодного детектора.

Проверена работоспособность методики расчета характеристик нелинейных устройств на примере данного класса детекторов.

Проведено экспериментальное исследование опытных образцов.

Ключевые слова: измерение мощности, детекторы, СВЧ-сигналы, конструкция детектора, диод, полупроводники, СВЧ-устройства.

1.10. Моделирование частотной дисперсии цифровых фильтров 122

Н.С. Морозов

Рассмотрено моделирование характеристик рекурсивных цифровых фильтров в частотной области.

Введено понятие коэффициента частотной дисперсии D , характеризующего скорость изменения группового времени запаздывания по частоте.

Даны примеры искажения широкополосного сигнала при прохождении его через цифровой фильтр с линейной амплитудно-частотной характеристикой, но имеющие положительную частотную дисперсию, отрицательную и околонулевую.

Ключевые слова: цифровой рекурсивный фильтр, целочисленное моделирование, частотная дисперсия сигнала.

2

МЕТОДЫ ФОРМИРОВАНИЯ И ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ И ИНФОРМАЦИИ

2.1. Принцип построения трёхлучевого радиолокатора системы автономной навигации с кодовым разделением сигналов лучей 133

А.В. Кашин, В.А. Козлов, А.Л. Кунилов, М.М. Ивойлова

Рассмотрен принцип построения трёхлучевого радиолокатора системы автономной навигации на основе CDMA-технологии (Code Division Multiple Access), т.е. с применением кодового разделения сигналов лучей, позволяющий обеспечить высокие энергетические характеристики при заданных габаритах и массе.

Исследована эффективность работы предлагаемого радиолокатора с различными параметрами входных сигналов при учете собственного шума приёмного устройства.

Ключевые слова: CDMA-технология, принцип кодового разделения сигналов лучей, трёхлучевой радиолокатор, система автономной навигации.

2.2. Метод детерминированной компенсации нестационарной активно-шумовой помехи в активных цифровых антенных решетках 145

В.В. Абраменков, А.П. Муравский

Исследованы структуры корреляционной матрицы помехи и оптимального вектора весовых коэффициентов в зависимости от типа воздействующих помех, в частности от широкополосных активно-шумовых, одночастотных (когерентных по времени), непрерывных с нескольких угловых направлений и нестационарных по пространству активно-шумовых помех.

Предложен инвариантный к виду активной помехи метод компенсации помех, воздействующих по боковым лепесткам диаграммы направленности антенны.

Ключевые слова: корреляционная матрица помехи, вектор весовых коэффициентов, компенсационный канал, помеховый сигнал, вырожденная матрица, определитель, детерминированная компенсация.

2.3. Радиотранспондер с амплитудной кодировкой информационного сигнала 162

С.П. Дорохов, В.А. Козлов, А.С. Салов

Показана возможность создания радиотранспондера с амплитудной кодировкой информационного сигнала на основе многоканальной отражательной линии задержки на ПАВ. Решена задача согласования входного преобразователя многоканальной отражательной линии задержки с присоединяемой антенной радиотранспондера, уменьшено влияние переотражений и увеличено отношение сигнал/шум.

Проведено математическое моделирование информационного сигнала, формируемого отражательной линией задержки и показана возможность увеличения информационной емкости радиотранспондера с помощью время-позиционного кодирования многоканальной отражательной линии задержки.

Ключевые слова: транспондер, радиометка, многоканальная отражательная линия задержки, поверхностная акустическая волна, встречно-штыревой преобразователь, амплитудное кодирование информационного сигнала.

2.4. Алгоритм накопления сечений взаимной функции неопределенности широкополосных сигналов в задаче определения местоположения источника радиоизлучения методами пассивной радиолокации 177

И.В. Гринь, Р.А. Еришов, О.А. Морозов

Рассмотрен алгоритм оценки взаимных временных задержек распространения широкополосных сигналов в спутниковой системе пассивной пеленгации космического базирования в задаче определения местоположения источника излучения.

Предложен метод, основанный на предварительном выделении из принимаемых сигналов набора узкополосных каналов и последующем накоплении сечений взаимной функции неопределенности данных сигналов.

Исследована устойчивость данного алгоритма при различных его параметрах.

Ключевые слова: разностно-дальномерный метод, взаимная временная задержка, эффект Доплера, взаимная функция неопределенности.

2.5. Компенсация ошибок амплитудно-фазового распределения, вызванных отказами аппаратуры фазированной антенной решетки и дискретностью фазовращателей 183

М.Е. Францев, А.С. Грамматин

Проанализировано влияние ошибок дискретности фазовращателей и приведены способы их компенсации.

Предложено решение по совместному применению методов случайного начального фазового распределения и импульсной перестройки частоты.

Рассмотрена возможность устранения влияния распределенных отказов активных модулей фазированной антенной решетки при отсутствии управления фазой сигнала.

Предпринята попытка систематизировать известные способы компенсации ошибок фазового распределения.

Ключевые слова: фазированные антенные решетки, диаграмма направленности, фазовращатели, компенсации ошибок фазового распределения.

2.6. Анализ результатов эксперимента по исследованию скрытности радиолокационных станций с ФКМ-, ЛЧМ- и многочастотными квазишумовыми зондирующими сигналами 195

П.А. Кострыкин, К.Е. Хайбутов

Представлены результаты эксперимента по исследованию скрытности работы радиолокационной станции при зондировании пространства многочастотными квазишумовыми сигналами по сравнению с фазо-, кодо-манипулированными и линейно-частотно модулированными сигналами. В ходе эксперимента проводилось облучение объектов, имитирующих воздушные цели, с последующим поиском средствами радиотехнической разведки факта излучения и определения параметров излученного сигнала.

Получены результаты, подтверждающие высокую скрытность многочастотных квазишумовых сигналов по сравнению с ФКМ и ЛЧМ радиолокационными сигналами.

Ключевые слова: скрытность, структурная скрытность, многочастотный квазишумовой сигнал, обнаружение, ФКМ, ЛЧМ.

2.7. Сравнительный анализ генераторов псевдослучайных последовательностей чисел для задач формирования квазишумовых зондирующих сигналов скрытных РЛС 205

П.А. Кострыкин, А.С. Ильюшин, И.В. Перцев

Приведены результаты эксперимента по исследованию статистических характеристик генераторов псевдослучайных чисел на основе линейного конгруэнтного метода, вихря Мерсенна и метода xor-shift.

Проведен сравнительный анализ полученных псевдослучайных последовательностей, подтвердивший соответствие результатов эксперимента теории.

Показаны преимущества применения метода xor-shift в качестве генератора в радиотехнических системах с квазишумовым сигналом по сравнению с другими методами.

Ключевые слова: генератор псевдослучайных чисел, xor-shift, вихрь Мерсенна, линейный конгруэнтный метод, квазишумовой сигнал.

2.8. Методы преобразования фильтра сжатия ЛЧМ-сигналов к рекурсивному виду 215

В.С. Шербаков

Рассмотрены особенности согласованной фильтрации широкополосных линейно модулированных по частоте сигналов с минимальным количеством выполняемых арифметических операций.

Предложены методы и определены условия преобразования передаточной функции фильтра сжатия ЛЧМ-сигнала к рекурсивному виду.

Проведена оценка вычислительной эффективности разработанных методов.

Представлены результаты моделирования.

Ключевые слова: радиолокация, согласованная фильтрация, широкополосный сигнал, трансверсальный фильтр, рекурсивный фильтр.

2.9. Алгоритм полигармонической экстраполяции и возможность его применения для решения некоторых задач радиолокации 229

А.П. Евсеев, И.Я. Орлов, А.В. Пучков

Предложен алгоритм экстраполяции сигналов, основанный на использовании закономерностей изменения спектральных характеристик, полученных в «скользящем окне» фурье-преобразования.

Приведены основные аналитические соотношения и результаты компьютерного моделирования для различных сигналов.

Проанализированы источники методической погрешности и намечены пути их уменьшения.

Проиллюстрированы возможности алгоритма полигармонической экстраполяции в задачах адаптивного управления радиоэлектронными средствами, для сверхразрешения и реставрации сигналов, ближней навигации.

Ключевые слова: приемные цифровые антенные решетки, сверхразрешение, фурье-преобразование, алгоритм полигармонической экстраполяции, компьютерное моделирование в среде LabVIEW.

2.10. Экспериментальное исследование приемных цифровых антенных решеток с эффектом сверхразрешения при применении алгоритма полигармонической экстраполяции 240

А.В. Пучков, П.Н. Вьюгин, А.П. Евсеев

Рассмотрена возможность получения углового разрешения приемной цифровой антенной решетки сверх классического предела, определяемого по Рэлею через отношение длины волны к размеру апертуры антенны.

В качестве физической основы выхода за классический предел использован алгоритм полигармонической экстраполяции, основанный на фурье-преобразовании и позволяющий рассчитать дополнительные (виртуальные) мгновенные отсчеты волнового поля за пределами реальной апертуры приемной антенной решетки, опираясь на совокупность мгновенных отсчетов с образующих ее элементов.

Показано, что включение полученных виртуальных отсчетов в алгоритм диаграммообразования как раз и позволяет получить эффект сверхразрешения за счет увеличения действующего раскрыва антенны.

В качестве метода исследования использовано компьютерное моделирование в среде графического программирования LabVIEW.

Ключевые слова: приспанные цифровые антенные решетки, сверхразрешение, фурье-преобразование, алгоритм полигармонической экстраполяции, компьютерное моделирование в среде LabVIEW.

2.11. Применение некоторых алгоритмов экстраполяции при анализе радиотехнических сигналов 255

А.В. Пучков, Р.Г. Нужный

В современной науке и жизни в целом часто возникает проблема оценки неизвестной (недоступной для наблюдения по каким-либо причинам) части функции (временного ряда) по его известному предшествующему отрезку. Для анализа радиотехнических сигналов (и не только) используются различные методы частотно-временного анализа. Было проведено компьютерное моделирование некоторых алгоритмов экстраполяции и осуществлена проверка их работоспособности для анализа радиотехнических сигналов.

Ключевые слова: экстраполяция, метод наименьших квадратов Прони, фурье-преобразование, алгоритм полигармонической экстраполяции, компьютерное моделирование в среде LabVIEW.

3

ТЕХНОЛОГИЯ И КОНСТРУИРОВАНИЕ РАДИОТЕХНИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЫ

3.1. Интегрированные сегнетоэлектрические устройства для нового поколения отечественных систем обработки и передачи информации

*К.А. Воротилов, В.М. Мухортов, А.А. Потапов, И.В. Ракуть,
А.Э. Рассадин, А.С. Сигов*

Проанализировано состояние отечественных разработок в области интегрированных сегнетоэлектрических устройств.

Проведено сравнение уровня российских исследований с мировым и указаны меры по интенсификации развития этого междисциплинарного научного направления в России.

Ключевые слова: цирконат-титанат свинца, титанат бария-стронция, КМОП-технология, фазированная антенная решётка, дисперсия, теория Гинзбурга–Ландау–Девоншира, отрицательная дифференциальная емкость, уравнение Дюффинга, динамический хаос, математическая технология.

3.2. Проектирование и расчет усилителя мощности L -диапазона на основе векторного измерения активного импеданса

В.В. Березин, С.В. Хамидулин, И.Н. Гусев, А.В. Прядилов

Определены параметры транзистора методом векторного измерения активного импеданса с использованием векторного анализатора цепей и автоматизированных измерительных линий.

На основе измерений создана модель нитрид-галлиевого транзистора и выполнено компьютерное моделирование усилителя мощности в САПР ADS.

Проведено сравнение расчетных и экспериментальных характеристик усилителя мощности.

Ключевые слова: усилитель мощности, L -диапазон, моделирование усилителя мощности, нитрид галлиевый транзистор, измерение импеданса транзистора, модель транзистора.

3.3. Применение технологии цифровых прототипов и вариационного прямого моделирования для конструирования радиотехнической аппаратуры

А.С. Кирасирова, Л.И. Райкин

Предложена схема этапов жизненного цикла цифрового прототипа радиотехнической аппаратуры.

Приведены технологии, которые могут быть использованы для доработки трехмерной модели цифрового прототипа радиотехнической аппаратуры без истории построения, и проведено исследование инструментов вариационного прямого моделирования.

Ключевые слова: цифровой прототип, трансляция данных, нейтральные форматы, синхронное моделирование, вариационное прямое моделирование.

3.4. Технология автономного электроснабжения на базе водородных топливных элементов и селективных мембран

И.В. Бобылев, Д.А. Корнев

Рассмотрены различные варианты автономного электропитания аппаратуры спецтехники.

Проведено сравнение электрогенераторов на базе двигателей внутреннего сгорания (как самых распространенных) и электрохимического генератора на базе водород-воздушного топливного элемента с топливным процессором и мембранной сепарацией водорода из синтез-газа.

Показаны результаты научно-исследовательской работы по созданию прототипа установки электрохимического генератора.

Ключевые слова: автономное электропитание, электрохимический генератор, топливный элемент, водород, генератор водорода.

4

РАДИОТЕХНОЛОГИИ ОБНАРУЖЕНИЯ И НЕЙТРАЛИЗАЦИИ ДИВЕРСИОННЫХ ТЕРРОРИСТИЧЕСКИХ УГРОЗ

4.1. Дальность действия многолучевой РЛС, входящей в состав охранного комплекса, при обнаружении малоразмерных воздушных целей

*И.К. Антонов, А.В. Никоненко, М.Н. Огородников,
С.А. Чернов*

Рассмотрена потенциальная дальность действия многолучевой РЛС, входящей в состав охранного комплекса, при обнаружении малоразмерных воздушных целей.

Проведен расчет зоны обнаружения для радиолокатора, работающего в 10-сантиметровом диапазоне излучения.

Ключевые слова: радиолокация, охранные комплексы, многолучевая РЛС, малоразмерный БЛА, длительное накопление сигнала.

4.2. Теоретическое и экспериментальное исследование потенциальной возможности широкополосного геолокатора переднего обзора по обнаружению малоразмерных взрывоопасных объектов на фоне земли

А.И. Кошелев, А.М. Парменов, А.А. Бархоткин

Промоделировано поле рассеяния объекта, заглубленного в грунт, при наклонном падении электромагнитной волны из воздушного пространства.

Проведена оценка энергетического потенциала.

Определена пороговая дальность обнаружения геолокатора.

В ходе экспериментального исследования проведены опыты по обнаружению мины ТМ-62 М с помощью пробного макета геолокатора, позволившего выявить основные недостатки передающей системы и показать потенциальную возможность геолокатора.

Ключевые слова: задача Зоммерфельда, геолокатор переднего обзора, функция ослабления, основное уравнение дальности радиолокации.

4.3. Исследование возможности построения радиолокатора для обнаружения наземных целей на основе СВЧ-компрессора

А.А. Бархоткин, А.И. Кошелев, А.М. Парменов

Исследована возможность применения функции ослабления в радиолокации наземных объектов и проведен расчет параметров радиолокатора, удовлетворяющих требованиям безопасного обнаружения некоторых наземных мин. Дан расчет функции ослабления для границы раздела воздух–грунт и смоделировано поле рассеяния мины ТМ-83.

Собран макет радиолокатора и исследованы его потенциальные возможности для обнаружения наземных целей.

Ключевые слова: обнаружение наземных мин, радиолокация наземных объектов, функция ослабления, уравнение дальности радиолокации, СВЧ-компрессор.

4.4. Активные акустические методы обнаружения и локализации неоднородностей в трубопроводах, тоннелях, галереях, заполненных газом или жидкостью

С.И. Муякин, А.Г. Каракушьян, А.А. Бузлаев, А.И. Князев

Представлены результаты экспериментальной проверки работоспособности двух активных акустических методов, предназначенных для поиска неоднородностей в волноводах.

Показано, что один из методов предполагает распространение в протяженной трубе единственной поршневой моды (в нем для обнаружения неоднородностей используется локация «на отражение» с помощью импульсных сигналов с линейной частотной модуляцией).

Другой метод, основанный на идее обращения волнового фронта, позволяет определять положение источника звука или неоднородности в трехмерном пространстве (здесь волновод рассматривается как многомодовый и используются полигармоническое непрерывное излучение и схема локации «на просвет»).

Ключевые слова: акустические волноводы, активная акустическая локация, моды, обращение волнового фронта, обнаружение неоднородности.

4.5. Оценка фрактальной размерности снеговой подстилающей поверхности, растущей из фрактального начального профиля

А.Е. Китаев, А.А. Потапов, А.Э. Рассадин

Проведена оценка фрактальной размерности снеговой подстилающей поверхности, растущей с учетом фрактальных начальных условий.

С помощью усечения задающих функциональных рядов обойдена трудность использования в методе характеристик в качестве последних функций Римана и Дарбу, не обладающих производной.

Для рассматриваемых начальных условий приведены оценки точности сделанных аппроксимаций в зависимости от числа оставленных членов ряда.

Указаны моменты времени наступления многопоточковых режимов и определены границы применимости малоуглового приближения.

Ключевые слова: недифференцируемая функция, физический фрактал, уравнение Кардара–Паризи–Цванга, эйлеровы и лагранжевы координаты, градиентная катастрофа, асимптотические методы.

Сведения об авторах 336

Рассмотрено общее состояние и показаны перспективы развития радиолокации, исследованы наиболее важные задачи и проблемы и даны способы их решения. Освещены вопросы обработки сигналов и информации, технологии и конструирования радиотехнической аппаратуры. Приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований и опытно-конструкторских работ. Показаны пути обнаружения и нейтрализации диверсионных террористических угроз.

Для инженеров, конструкторов, научно-технических работников, занимающихся традиционной, ближней и нелинейной радиолокацией, а также обработкой радиолокационных и акустических сигналов и оптических изображений. Может быть полезна аспирантам и студентам высших технических учебных заведений и студентам высших технических учебных заведений.

ISBN 978-5-93108-192-2

