

Министерство образования и науки Российской Федерации

Сибирский федеральный университет

ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СТАНЦИЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ ВОЙСК

Допущено Министерством обороны Российской Федерации
в качестве учебника для студентов военных кафедр и курсантов учебных
военных центров Военно-воздушных сил, обучающихся по военно-учетной
специальности «Эксплуатация и ремонт радиолокационных комплексов
противовоздушной обороны Военно-воздушных сил», 07.04.2011

*Под общей редакцией кандидата технических наук,
доцента полковника запаса В.Н. Тяпкина*

Красноярск
СФУ
2016

УДК 621.396.967 (075.2)
ББК 32.95я73
О-75

Авторы:

В.Н. Тяпкин, А.Н. Фомин, Е.Н. Гарин, Ю.Л. Фатеев, В.П. Бердышев,
А.А. Ноговицын, А.В. Темеров, В.Г. Сомов, И.В. Лютиков

О-75 Основы построения радиолокационных станций радиотехнических войск : учебник / В.Н. Тяпкин, А.Н. Фомин, Е.Н. Гарин [и др.] ; под общ. ред. В.Н. Тяпкина. – 2-е изд., перераб. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т. – 2016. – 536 с.
ISBN 978-5-7638-3410-9

В учебнике приведены общие сведения о РЛС РТВ, их характеристиках и принципах построения; рассмотрены способы обзора пространства и измерения координат целей; даны основные технические характеристики и способы построения передающих устройств РЛС РТВ. Особое внимание уделено анализу влияния и вида зондирующего сигнала на защищенность РЛС от активных и пассивных помех, разрешающую способность и точность измерения координат. Приведены структурные схемы тракта приема и выделения сигналов, способы приема и обработки различных типов сигналов РЛС на фоне помех; методы и устройства защиты РЛС РТВ от активных и пассивных помех, особенности их технической реализации; изложены принципы построения устройств отображения радиолокационной информации и работы устройств формирования разверток индикаторов и масштабных меток.

Учебник предназначен для студентов военных кафедр и курсантов учебных военных центров Военно-воздушных сил, обучающихся по военно-учетной специальности «Эксплуатация и ремонт радиолокационных комплексов противовоздушной обороны Военно-воздушных сил», а также может быть использован студентами вузов укрупненной группы направления подготовки специальностей 210000 «Электронная техника, радиотехника и связь» (спец. 210304.65 «Радиоэлектронные системы») и всеми интересующимися вопросами построения, развития и современного состояния РЛС РТВ.

УДК 621.396.96(075.8)
ББК 32.95я

ISBN 978-5-7638-3410-9

© Сибирский федеральный университет, 2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Глава 1. Радиолокационная система РТВ.....	8
1.1. Принципы построения радиолокационной системы РТВ	8
1.2. Внешняя среда радиолокационной системы РТВ	15
1.2.1. Радиолокационные цели.....	15
1.2.2. Мешающие отражения	19
1.2.3. Внешние излучения	21
1.2.4. Среда распространения радиоволн	23
1.3. Классификация РЛС РТВ	26
1.4. Основные тактико-технические характеристики РЛС РТВ	33
1.5. Обобщенная структурная схема РЛС	39
1.6. Общие сведения о системе с активным запросом-ответом	44
1.7. Кодирование и декодирование сигналов в системах опозна-	
вания	48
1.7.1. Кодирование ответных сигналов в НРЗ	48
1.7.2. Декодирование ответных сигналов в НРЗ.....	53
1.8. Структурная схема РЛС с истинной внутренней когерентно-	
стью	55
1.9. Структурная схема РЛС с эквивалентной внутренней коге-	
рентностью.....	60
1.10. Структурная схема РЛС с эквивалентной внешней коге-	
рентностью.....	61
1.11. Общие сведения о системах пассивной локации.....	63
Контрольные вопросы	76
Глава 2. Способы обзора пространства и измерения координат	
 целей РЛС РТВ	78
2.1. Зона обнаружения РЛС.....	78
2.2. Способы обзора пространства и их влияние на боевые воз-	
можности РЛС	85
2.3. Способы формирования зоны обнаружения	90
2.3.1. Зоны обнаружения целей дальномерами.....	93
2.3.2. Зоны обнаружения целей радиовысотомерами	96
2.3.3. Зоны обнаружения целей трехкоординатными РЛС.....	97
2.4. Особенности формирования зоны обнаружения целей в РЛС	
метрового диапазона волн.....	101
2.5. Способы измерения координат целей.....	111
2.5.1. Измерение наклонной дальности до цели	112
2.5.2. Измерение азимута цели	118
2.5.3. Измерение высоты полета цели.....	120

2.6. Антенно-волноводные системы РЛС	132
2.6.1. Основные характеристики антенно-волноводных систем	133
2.6.2. Антенно-волноводный тракт РЛС сантиметрового диапазона волн 19Ж6	135
2.6.3. Антенно-волноводный тракт РЛС дециметрового диапазона волн 22Ж6	140
2.6.4. Антенно-волноводный тракт РЛС метрового диапазона волн 55Ж	143
Контрольные вопросы	148
Глава 3. Радиопередающие устройства РЛС РТВ	150
3.1. Зондирующие сигналы и влияние их параметров на характеристики РЛС	151
3.1.1. Зависимость дальности обнаружения целей от параметров зондирующих сигналов	153
3.1.2. Зависимость разрешающей способности РЛС от параметров зондирующих сигналов	159
3.1.3. Зависимость точности измерения координат целей от параметров зондирующих сигналов	166
3.1.3.1. Классификация ошибок измерения	166
3.1.3.2. Ошибки измерения дальности	168
3.1.3.3. Ошибки измерения угловых координат	169
3.1.4. Влияние параметров зондирующих сигналов на защищенность РЛС от активных помех	170
3.1.5. Влияние параметров зондирующих сигналов на защищенность РЛС от пассивных помех	171
3.2. Основные типы передающих устройств РЛС	172
3.2.1. Однокаскадные радиопередающие устройства РЛС	172
3.2.2. Особенности построения однокаскадных радиопередающих устройств РЛС	174
3.2.3. Многокаскадные радиопередающие устройства РЛС ..	179
3.2.4. Особенности построения многокаскадного радиопередающего устройства с «простым» зондирующим сигналом	192
3.2.5. Особенности построения многокаскадного радиопередающего устройства с ФКМ зондирующим сигналом	196
3.2.6. Особенности построения многокаскадного радиопередающего устройства с лчм зондирующим сигналом	204
3.3. Импульсные модуляторы однокаскадных радиопередающих устройств	212

3.3.1. Принципы построения импульсных модуляторов и их классификация	212
3.3.2. Импульсный модулятор с полным разрядом накопителя	214
3.3.3. Импульсный модулятор с частичным разрядом накопителя	221
3.3.4. Генераторные приборы однокаскадных радиопередающих устройств	222
Контрольные вопросы	231
Глава 4. Радиоприемные устройства РЛС РТВ	233
4.1. Структурная схема тракта приема и выделения сигналов из помех	233
4.2. Технические характеристики радиоприемных устройств и их влияние на боевые возможности РЛС	240
4.3. Способы увеличения динамического диапазона радиоприемных устройств	245
4.4. Радиоприемные устройства для обработки узкополосных эхо-сигналов	257
4.5. Радиоприемные устройства для выделения широкополосных эхо-сигналов	263
4.5.1. Прием и обработка линейно-частотно-модулированных сигналов	264
4.5.2. Прием и обработка фазокодоманипулированных сигналов	268
4.6. Устройства накопления эхо-сигналов	272
4.6.1. Назначение и классификация устройств накопления радиолокационных эхо-сигналов	272
4.6.2. Некогерентные накопители эхо-сигналов	273
4.6.3. Когерентные накопители эхо-сигналов	276
4.6.4. Рециркуляторы. Принципы построения	281
4.6.5. Цифровые устройства накопления радиолокационных эхо-сигналов	286
Контрольные вопросы	290
Глава 5. Способы и устройства защиты РЛС РТВ от активных помех	292
5.1. Технические характеристики систем защиты РЛС РТВ от активных помех	293
5.2. Способы защиты РЛС РТВ от активных помех	294
5.2.1. Уравнение противорадиолокации	294
5.2.2. Частотная селекция эхо-сигналов и помех	300
5.2.3. Поляризационная селекция	303
5.2.4. Временная селекция	305

5.2.4.1. Селекция по длительности импульсов	305
5.2.4.2. Селекция импульсов по периоду повторения...	306
5.2.5. Пространственная селекция.....	308
5.3. Адаптивная пространственная селекция эхо-сигналов и активных шумовых помех	312
5.3.1. Принцип работы корреляционного автокомпенсатора.	312
5.3.2. Квадратурный автокомпенсатор активных помех	314
5.3.3. Гетеродинный автокомпенсатор активных помех	319
5.4. Алгоритмы и устройства адаптации к активным помехам в РЛС с фазированной антенной решеткой.....	324
5.4.1. Алгоритм адаптивного обнаружителя сигнала на фоне коррелированных помех	324
5.4.2. Дискретное оценивание измеряющейся во времени корреляционной матрицы помехи	330
5.4.3. Оценивание изменяющейся по мощности и во времени обратной корреляционной матрицы помехи	335
5.4.3.1. Алгоритмы и устройства текущего оценивания весового вектора	337
5.4.3.2. Диаграмма направленности фазированной антенной решетки при адаптации к помеховой обстановке.....	345
5.4.3.3. Способы сохранения формы главного лепестка диаграммы направленности фазированной антенной решетки.....	349
5.5. Пример технической реализации адаптивной системы защиты от непрерывных активных помех в РЛС РТВ	356
5.6. Система пеленгации постановщиков активных шумовых помех в РЛС РТВ	360
5.7. Пространственная селекция импульсных помех	365
5.7.1. Амплитудная пространственная селекция импульсных помех	365
5.7.2. Фазовый способ пространственной селекции импульсных помех	367
Контрольные вопросы	369
Глава 6. Способы и устройства защиты РЛС РТВ от пассивных помех	371
6.1. Способы защиты РЛС РТВ от пассивных помех.....	371
6.1.1. Основные отличия эхо-сигналов от целей и пассивных помех	372
6.1.2. Показатели защищенности РЛС РТВ от пассивных помех	382

6.1.3. Основные способы защиты РЛС РТВ от пассивных помех	386
6.1.3.1. Пространственная селекция	387
6.1.3.2. Поляризационная селекция	388
6.1.3.3. Частотная (скоростная) селекция.....	391
6.2. Обобщенная структурная схема системы подавления пассивных помех.....	397
6.3. Системы СДЦ с неперестраиваемыми устройствами черес- периодного вычитания	411
6.3.1. Системы СДЦ в РЛС с эквивалентной внутренней ко- герентностью	411
6.3.2. Системы СДЦ в РЛС с внешней когерентностью	414
6.3.3. Системы СДЦ в РЛС с истинной когерентностью на основе доплеровских частотных фильтров.....	417
6.3.3.1. Фильтровые системы СДЦ	418
6.3.3.2. Кореляционно-фильтровые системы СДЦ.....	422
6.4. Адаптивные системы СДЦ.....	425
6.4.1. Однократные системы череспериодной автокомпен- сации.....	427
6.4.2. Двухкратные системы череспериодной автокомпен- сации.....	431
6.5. Цифровые системы СДЦ	436
6.5.1. Принципы построения цифровых систем СДЦ	436
6.5.2. Обобщенная структурная схема цифровой системы обработки радиолокационных сигналов	437
6.5.3. Цифровая система СДЦ с обработкой сигналов во временной области.....	441
6.5.3.1. Цифровая СДЦ с нерекурсивным гребенчатым фильтром подавления.....	442
6.5.3.2. Цифровая СДЦ с рекурсивным гребенчатым фильтром подавления.....	446
6.5.4. Цифровая система СДЦ с обработкой сигналов в час- тотной области	453
6.6. Принципы построения устройств стабилизации уровня лож- ных тревог	463
6.6.1. Формирование адаптивного порогаобнаружения	463
6.6.2. Устройство стабилизации уровня ложных тревог по дальности	465
6.6.2.1. Формирование порогаобнаружения по методу «скользящего окна»	465
6.6.2.2. Устройство стабилизации уровня ложных тревог по дальности с усечением выборки	468

6.6.2.3. Адаптивный обнаружитель, использующий алгоритм порядковых статистик при формировании порога обнаружения	471
6.6.2.4. Быстродействующий параметрический ПС-обнаружитель	473
6.6.2.5. Непараметрические обнаружители	475
6.6.3. Устройство стабилизации уровня ложных тревог по азимуту	479
Контрольные вопросы	484
Глава 7. Классификация и принципы построения устройств отображения радиолокационной информации	486
7.1. Назначение и классификация индикаторных устройств	486
7.2. Особенности формирования разверток экранов индикаторов	492
7.2.1. Принципы построения индикаторов обзорных РЛС	492
7.2.1.1. Функциональный состав индикатора	493
7.2.1.2. Индикаторы кругового обзора с вращающимися отклоняющими системами	496
7.2.1.3. Индикатор кругового обзора с неподвижной отклоняющей системой	499
7.2.2. Принципы построения системы отображения радиовысотомера	504
7.2.2.1. Способы построения индикаторов измерения высоты	504
7.2.2.2. Функциональная схема индикаторов измерения высоты	509
7.3. Формирование масштабных отметок	513
7.3.1. Системы передачи и формирования масштабных отметок азимута РЛС РТВ	513
7.3.1.1. Принципы построения систем передачи азимута РЛС РТВ	513
7.3.1.2. Принципы построения систем формирования масштабных отметок азимута РЛС РТВ	516
Контрольные вопросы	520
Заключение	521
Библиографический список	523
Список сокращений	525