

Министерство образования и науки Российской Федерации
Уральский федеральный университет
имени первого президента России Б. Н. Ельцина

Полунатурное моделирование бортовых радиолокационных систем, работающих по земной поверхности

Под общей редакцией
кандидата технических наук, доцента
В. Г. Важенина

Рекомендовано Региональным отделением
УрФО учебно-методического объединения вузов
Российской Федерации по образованию в области
радиотехники, электроники, биомедицинской
техники и автоматизации в качестве учебного
пособия для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по направлению подготовки
магистров 11.04.01 — Радиотехника

2-е издание, стереотипное

Москва
Издательство «ФЛИНТА»
Издательство Уральского университета
2017

УДК 629.054:001.891.54(075.8)

ББК 39.671-52в6я73

П53

Авторы:

В. Г. Важенин, Н. А. Дядьков, А. С. Боков, А. К. Сорокин,
Ю. В. Марков, Л. Л. Лесная

Рецензенты:

кафедра общепрофессиональных дисциплин технических специальностей Уральского технического института связи и информатики (замзав-кафедрой доц., канд. техн. наук Н. В. Будылдина);
Костоусов Виктор Борисович, канд. физ.-мат. наук, доц., начальник отдела Института математики и механики УрО РАН

Полунатурное моделирование бортовых радиолокационных систем,
П53 работающих по земной поверхности [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. Г. Важенин [и др.] ; под общ. ред. В. Г. Важенина. — 2-е изд., стер. — М. : ФЛИНТА : Изд-во Урал. ун-та, 2017. — 208 с.

ISBN 978-5-9765-3059-1 (ФЛИНТА)

ISBN 978-5-7996-1612-0 (Изд-во Урал. ун-та)

Представлен теоретический материал, необходимый для освоения вопросов построения современных бортовых радиолокационных систем и устройств навигации летательных аппаратов, работающих по земной поверхности; полунатурного моделирования в условиях, максимально приближенных к реальным условиям их применения; методов, алгоритмов и путей построения имитаторов принимаемых сигналов, в том числе в режиме реального времени.

Для студентов, обучающихся по программе магистратуры по направлению подготовки «Радиотехника» по дисциплинам «Теория и техника радиолокации и радионавигации», «Проблемы современной радиолокации», а также для студентов, обучающихся по специальности «Радиоэлектронные системы и комплексы».

Библиогр.: 74 назв. Рис. 109. Прил. 1.

УДК 629.054:001.891.54(075.8)

ББК 39.671-52в6я73

ISBN 978-5-9765-3059-1 (ФЛИНТА)

ISBN 978-5-7996-1612-0 (Изд-во Урал. ун-та)

© Уральский федеральный
университет, 2015

Оглавление

Основные сокращения	3
Введение	5
1. Назначение, принципы построения, алгоритмы функционирования и особенности моделирования современных и перспективных бортовых РЛС, работающих по земной поверхности	6
1.1. Бортовые РЛС, работающие по земной поверхности	7
1.1.1. Общая характеристика БРЛС	7
1.1.2. Особенности моделирования сигналов БРЛС.....	11
1.2. Радиовысотомерные системы	13
1.2.1. Принципы измерения высоты полета в РВ с ЧМ... ..	14
1.2.2. Структура и алгоритм работы измерителей высоты с ЛЧМ сигналом	20
1.2.3. Структура и алгоритм работы измерителей высоты с импульсным сигналом	26
1.2.4. Основные погрешности радиовысотомера	29
1.2.5. Автономная навигационная система на базе РВ	32
1.2.6. Структура и алгоритм работы измерителей высоты с ФКМ сигналом	33
1.3. Радиолокационные измерители составляющих вектора скорости полета	40
1.3.1. Общие принципы радиолокационного измерения параметров движения	40
1.3.2. Общая структура и основные особенности доплеровских измерителей скорости	47
1.3.3. Общая структура корреляционных измерителей скорости	52

2. Принципы и пути имитации и моделирования БРЛС, работающих по земной поверхности	57
2.1. Методы математического описания радиолокационного канала РЛС	58
2.2. Принципы построения и классы имитаторов сигналов для БРЛС, работающих по земной поверхности	59
2.3. Полунатурное моделирование БРЛС обнаружения, распознавания и сопровождения цели.....	62
2.3.1. Концепция полунатурного моделирования БРЛС	62
2.3.2. Имитаторы сигналов для полунатурного моделирования БРЛС обнаружения, распознавания и сопровождения (ОРС) целей	65
2.4. Полунатурное моделирование сигналов для РВС	75
2.4.1. Структура комплекса полунатурного моделирования	77
2.4.2. Модели формирования сигналов РВС.....	80
2.5. Полунатурное моделирование радиолокационных измерителей составляющих вектора скорости полета.....	84
2.5.1. Требования к полунатурной модели корреляционных измерителей составляющих скорости	84
2.5.2. Принцип построения имитатора сигнала КРИСС....	86
2.5.3. Принцип построения стенда полунатурного моделирования КРИСС	91
3. Математическая модель радиолокационного канала БРЛС обнаружения, распознавания и сопровождения (ОРС) наземных и надводных целей.....	93
3.1. Математическая модель радиолокационного канала	94
3.1.1. Характеристики радиолокационных целей	94
3.1.2. Обобщенная математическая модель сигнала, отраженного от протяженных целей	96
3.1.3. Методы моделирования тропосферного канала распространения электромагнитных волн	103
3.2. Математическая модель сигнала помеховых отражений.....	107
3.3. Алгоритмы формирования РЛИ из сигнала, принятого бортовой РЛС	113

4. Математическая модель радиолокационного канала радиовысотомерных систем с ЛЧМ	116
4.1. Факетная модель подстилающей поверхности	116
4.2. Модель формирования радиолокационного канала	119
4.3. Параметры модели и алгоритм расчета принимаемых сигналов.....	121
4.3.1. Параметры движения ЛА, влияющие на отраженный сигнал	121
4.3.2. Параметры РВ, влияющие на отраженный сигнал.....	123
4.3.3. Параметры подстилающей поверхности	123
4.3.4. Алгоритм расчета сигнала биений.....	125
4.4. Особенности формирования эквивалентного спектра сигнала биений	128
4.5. Примеры моделирования для стационарной подстилающей поверхности.....	129
4.6. Примеры моделирования для сложных поверхностей ...	134
5. Математическая модель принятого радиолокационного сигнала в радиовысотомерных системах с ИМ	140
5.1. Математическая модель радиолокационного сигнала импульсного радиовысотомера («Модель 1»)	140
5.2. Матричная модель сигнала импульсного радиовысотомера (адаптированная для матричных вычислений) («Модель 2»).....	148
5.3. Исследование флуктуационной ошибки на примере «Модель 1»	152
5.4. Сравнение «Модели 1» и «Модели 2»	156
6. Математическая модель радиолокационного канала радиовысотомерных систем с ФКМ	159
7. Математическая модель корреляционных измерителей составляющих вектора скорости полета	167

8. Программно-аппаратный комплекс для полунатурного моделирования БРЛС	177
8.1. Имитатор сигналов для радиовысотомерных систем ИОС-РВ.....	178
8.1.1. Реализация алгоритмов имитации с использованием методов цифровой обработки сигналов	178
8.1.2. Структура программно-аппаратного комплекса полунатурного моделирования РВС.....	181
8.2. Имитатор сигнала, отраженного от цели, ИЦ-БСУ	184
8.2.1. Назначение, основные требования и принцип построения имитатора сигнала, отраженного от цели.....	184
8.2.2. Состав, структура, технические требования, предъявляемые к имитатору цели ИЦ-БСУ	186
8.2.3. Энергетические соотношения и алгоритмы управления выходной мощностью имитатора	189
Контрольные вопросы	193
Библиографический список	195
Приложение.....	202