

Ю. Ю. Мартюшев

Практика функционального цифрового моделирования в радиотехнике

*Допущено УМО по образованию в области
информационной безопасности в качестве учебного пособия
для студентов высших учебных заведений, обучающихся
по специальности 090106 – «Информационная безопасность
телекоммуникационных систем»*

Москва
Горячая линия - Телеком
2012

УДК 621.396.6:519.876.5(075.8)

ББК 32.841

М29

Мартюшев Ю. Ю.

М29 Практика функционального цифрового моделирования в радиотехнике. Учебное пособие для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2012. – 188 с.: ил.

ISBN 978-5-9912-0218-3.

На базе системы инженерного проектирования *MatLab* рассматриваются практические вопросы составления компьютерных программ для реализации функциональных цифровых моделей радиоустройств и систем. Соответствующие цифровые модели представлены в объеме достаточном для составления программ. В программах используются дискретные модели радиосигналов – аналоговых и цифровых, детерминированных и случайных. Рассматриваются примеры реализации алгоритмов, в основе которых лежат как временные, так и спектральные методы анализа. Показаны возможности реализации метода комплексной огибающей при моделировании устройств и метода информационного параметра – для моделирования радиосистем. Рассмотрен пример проведения машинного эксперимента для моделирования помехоустойчивости системы цифровой связи. Приведенные в книге программы доступны для скачивания на сайте издательства.

Для студентов вузов, обучающихся по специальности «Информационная безопасность телекоммуникационных систем», будет полезно студентам, обучающимся по направлению «Радиотехника», аспирантам, преподавателям и инженерно-техническим работникам.

ББК 32.841

Адрес издательства в Интернет WWW.TECHBOOK.RU

Учебное издание

Мартюшев Юрий Юрьевич

**Практика функционального цифрового
моделирования в радиотехнике**

Учебное пособие

Редактор Ю. Н. Чернышов

Художник В. Г. Ситников

Компьютерная верстка Ю. Н. Чернышова

Подписано в печать 28.08.2011. Формат 60×90 1/16. Усл.-печ. л. 11,75. Тираж 500 экз. Изд. № 1198.

ISBN 978-5-9912-0218-3

© Ю. Ю. Мартюшев, 2012

© Издательство «Горячая линия–Телеком», 2012

Предисловие

Книга предназначена для тех, кто прослушал курс «Теория электрических цепей» по специальности «Информационная безопасность телекоммуникационных систем», изучил или осваивает дисциплину «Моделирование систем», а также имеет представление о том, как пользоваться системой для инженерных расчетов MatLab.

Знания и навыки, которые получают студенты, изучив дисциплину «Моделирование систем», позволяют им строить и исследовать математические модели сигналов, каналов связи, элементов приемных и передающих устройств и в целом телекоммуникационных систем, рассматриваемых в дисциплине «Теория электрической связи» — одной из ключевых дисциплин стандарта высшего профессионального образования по специальности «Информационная безопасность телекоммуникационных систем».

При написании учебного пособия не ставилась задача охватить полностью материалы дисциплины «Моделирование систем». С этой точки зрения пособие можно рассматривать как иллюстрацию отдельных вопросов и разделов курса. Все темы, которым посвящены отдельные разделы, базируются на использовании функциональных цифровых моделей, при этом задача охватить возможно большее их количество не ставилась. Полагая, что цифровые модели систематически рассмотрены в теоретическом курсе, здесь они приводятся в кратком изложении, однако достаточном для составления программ для ЭВМ.

Опыт преподавания показывает, что наблюдается разрыв между знанием теоретического материала и алгоритмов цифрового моделирования, с одной стороны, и умением самостоятельно получить результат анализа — с другой. Иными словами, несмотря на «всеобщую компьютеризацию» и мастерское пользование чужим программным продуктом, умение писать собственные программы остается уделом немногих — при том, что функциональное моделирование как раз требует умения составлять программы по счастью не слишком сложные за счет средств поддержки системы MatLab.

В связи со сказанным особое внимание при работе над данной книгой уделялось тому, чтобы помочь читателю сделать шаг к написанию своей собственной программы на языке, используемом в пакете

MatLab. С этой целью при передаче опыта составления программ автор старался использовать принцип «от простого к сложному», при написании новых программ по возможности использовать наработанные ранее. В некоторых простых, но показательных с методической точки зрения случаях предпочтение отдавалось не использованию функций из богатого арсенала системы Matlab, а демонстрации составления самой программы. Чтобы не загромождать программы, диагностики ошибок, в дополнение к заложенной в системе Matlab, не предусматривалось. Следует также иметь в виду, что для составления текстов программ не привлекались профессиональные программисты, и поэтому они не претендуют на идеальность построения и универсальность использования.

Овладение приемами программирования на языке системы Matlab, конечно, не является самоцелью. Переложив на компьютер сложности вычислительного плана, мы раздвигаем горизонты исследования поведения математической модели при различных начальных условиях, при изменении параметров и самой структурной схемы модели. Это можно почувствовать и при работе с программами, предложенными в данной книге. Получение новых, не известных читателю ранее результатов работы с цифровыми моделями, побуждает абстрактное мышление к их осмыслению, проведению новых машинных экспериментов, другими словами, ведет к приобретению навыков научного исследования.

Можно надеяться, что книга поможет студентам при работе над курсовыми и дипломными проектами, окажется полезной инженерам и научно-техническим работникам, самостоятельно осваивающим пакет Matlab.

Структура отдельных параграфов примерно одинакова. Вначале приводятся краткие теоретические сведения по рассматриваемому вопросу. Затем демонстрируется переход от аналоговой модели к цифровой. Алгоритмы с помощью ЭВМ-программ реализуются в виде отдельных заданий и иллюстрации их решений. При необходимости даются пояснения к текстам программ. Даются также рекомендации по дополнительному самостоятельному исследованию моделей.

Оглавление

Предисловие.....	3
Введение.....	5
1. Нахождение спектров сигналов с использованием ДПФ	9
2. Цифровые модели АМ и ЧМ радиосигналов.....	16
3. Спектральный метод анализа линейных инерционных цепей.....	25
4. Аналитический сигнал.....	32
5. Цифровое моделирование резонансного усилителя методом комплексной огибающей.....	41
6. Свойства ФКМ сигнала.....	55
7. Моделирование сигналов с помощью формирующего цифрового косинусного фильтра.....	65
8. Комплексные модели сигналов цифровой радиосвязи..	77
9. Энергетические характеристики дискретного сигнала и шума.....	90
10. Моделирование сигнала с модуляцией GMSK.....	96
11. Цифровое моделирование случайных процессов с заданной плотностью вероятности.....	107
12. Метод канонических разложений.....	119
13. Моделирование стационарных случайных процессов методом формирующего фильтра.....	127
14. Цифровое моделирование системы ФАПЧ методом информационного параметра.....	134
15. Моделирование системы тактовой синхронизации цифровой линии связи.....	148
16. Помехоустойчивость сигналов с фазовой манипуляцией в канале с гауссовым шумом.....	161
Приложение.....	176
Литература.....	185