

# ОГЛАВЛЕНИЕ

|  |           |
|--|-----------|
| Введение.....  | 3         |
| <b>1. ВОПРОСЫ ТЕОРИИ .....</b>   | <b>7</b>  |
| <b>1. Теоретические основы системного проектирования .....</b>                                       | <b>7</b>  |
| 1.1. Концептуальная и имитационная модели РЭС.....   | 7         |
| 1.2. Общая концептуальная модель радиосигнала и вектор ее параметров .....                           | 9         |
| 1.2.1. Задание сигнала в виде случайного процесса.....   | 10        |
| 1.2.2. Задание сигнала в виде квазигармонической функции   | 10        |
| 1.2.3. Задание сигнала в виде квазидетерминированной функции времени.....                            | 11        |
| 1.3. Показатели качества радиоэлектронной системы.....   | 11        |
| 1.3.1. Точность радиосистемы .....   | 11        |
| 1.3.2. Аномальные ошибки и показатель надежности системы .....                                       | 12        |
| 1.3.3. Помехозащищенность РЭС.....   | 13        |
| 1.3.4. Информативность РЭС.....  | 13        |
| 1.3.5. Другие показатели качества РЭС .....  | 14        |
| <b>2. Выбор сигнала при нескольких показателях качества.....</b>                                     | <b>15</b> |
| 2.1. Пример бинарного критерия (два показателя качества)   | 15        |
| 2.2. Оптимизация выбора РЭС по критерию минимизации потерь (или по максимальной эффективности) ..... | 16        |
| <b>3. Анализ как метод проектирования радиоэлектронных систем</b>                                    | <b>19</b> |
| 3.1. Общая характеристика методов анализа, применяемых при проектировании.....                       | 19        |
| 3.2. Спектральный анализ в проектировании РЭС.....   | 22        |
| 3.2.1. Радиосигналы, передающие цифровую информацию (методы модуляции и спектральный анализ).....    | 22        |
| 3.2.2. Спектры одиночных и периодических кодовых слов  | 23        |
| 3.3. Случайная модель КИМ сигнала .....  | 26        |
| 3.4. Сигнал АИМ-1 и его спектр.....  | 27        |
| 3.5. Спектры КИМ сигналов на несущей частоте.....  | 29        |
| 3.5.1. Сигнал с модуляцией КИМ-АМ .....  | 29        |
| 3.5.2. Сигнал с модуляцией КИМ-ЧМ .....  | 30        |
| 3.5.3. Сигнал с модуляцией КИМ-ФМ .....  | 31        |
| <b>4. Полососберегающие сигналы.....</b>   | <b>33</b> |

|  |           |
|--|-----------|
| 4.1. Сигнал КИМ-ДФМ .....  | 33        |
| 4.2. Сигнал КИМ-ММС .....  | 35        |
| <b>5. Выбор и оценка сигналов на этапе системного проектирования</b>                                     | <b>36</b> |
| 5.1. Постановка задачи по выбору радиосигнала методом сравнительного анализа .....                       | 36        |
| 5.2. Обработка входного процесса без демодулятора .....  | 39        |
| <b>6. Функция различия и сигнальная функция — характеристики сигнала как переносчика сообщения .....</b> | <b>41</b> |
| 6.1. Функция различия .....  | 41        |
| 6.2. Сигнальная функция .....  | 42        |
| <b>7. Виды сигнальных функций и критерии сравнения сигналов ..</b>                                       | <b>44</b> |
| 7.1. Сравнение сигналов .....  | 44        |
| 7.2. Энергетические показатели надежности .....  | 45        |
| 7.3. Априорные оценки для повышения надежности .....   | 46        |
| 7.3.1. Априорные оценки .....  | 46        |
| 7.3.2. Неоднозначные сигналы .....   | 47        |
| 7.3.3. Критерий информативности .....  | 47        |
| 7.3.4. Повышение точности и разрешение неоднозначности у многошкальных измерительных систем .....        | 48        |
| 7.3.5. Неразрешаемая сигнальная функция .....  | 50        |
| 7.4. Дискретная сигнальная функция (цифровая передача)   | 50        |
| <b>8. Сигнальная функция и выбор сигнала .....</b>   | <b>51</b> |
| 8.1. Сигнальная функция как показатель качества сигнала  | 51        |
| 8.2. Некоторые дополнения к вопросам теории сигнальных функций .....                                     | 52        |
| 8.2.1. Сигналы с несколькими неизвестными параметрами  | 52        |
| 8.2.2. Показатели качества при нескольких неизвестных параметрах .....                                   | 53        |
| 8.2.3. Информативные параметры время и частота в узкополосном сигнале .....                              | 54        |
| 8.2.4. Функция неопределенности и теорема Вудворда ...   | 55        |
| 8.2.5. Сравнение сигналов с параметром, меняющимся во время измерения .....                              | 55        |
| 8.3. Результаты первичного анализа .....   | 57        |
| <b>9. Количественная оценка показателей качества радиосигналов</b>                                       | <b>59</b> |
| <b>10. Оценка пороговой энергии сигнала из условия практического отсутствия аномальных ошибок .....</b>  | <b>62</b> |
| 10.1. Максимальная помеховая функция .....   | 62        |
| 10.2. Условия отсутствия аномальной ошибки .....   | 63        |
| 10.3. Пороговое энергетическое отношение .....   | 65        |

|  |    |
|--|----|
| 11. Оценка предельной точности измерения параметра сигнала . . .   | 66 |
| 11.1. Графическая оценка точности измерения . . . . .  | 66 |
| 11.2. Теоретический предел точности . . . . .  | 68 |
| <i>Контрольные вопросы по части 1</i> . . . . .  | 70 |
| II. ПРАКТИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ . . . . .  | 71 |
| 12. Этап системного проектирования и его задачи . . . . .  | 71 |
| 12.1. Система наведения . . . . .  | 71 |
| 12.2. Техническое задание на проект . . . . .  | 73 |
| 12.2.1. Пример формирования технического задания . . . . .   | 73 |
| 12.2.2. Тактические условия и требования для проекта радиодальномера на ПУ-1 . . . . .                                 | 74 |
| 12.2.3. Шумовая характеристика радиодальномера . . . . .   | 75 |
| 12.2.4. Особые условия и организованная помеха . . . . .   | 75 |
| 12.2.5. Возможности модернизации радиосистемы управления с целью добавления измерений радиальной скорости УО . . . . . | 75 |
| 12.3. Структура дальномерного сигнала . . . . .  | 75 |
| 12.4. Концептуальная модель радиосигнала дальномера . . . . .  | 76 |
| 13. Выбор основных параметров радиодальномера для ПУ-1 . . . . .   | 77 |
| 13.1. Выбор частоты модуляции $\Omega$ . . . . .   | 77 |
| 13.2. Глубина амплитудной модуляции . . . . .  | 79 |
| 13.2.1. Спектр амплитудно-модулированного сигнала . . . . .  | 79 |
| 13.2.2. Параметры глубины амплитудной модуляции . . . . .  | 80 |
| 14. Теоретические оценки (надежность и точность) фазометра в проектируемом дальномере . . . . .                        | 80 |
| 15. Оценка надежности . . . . .  | 82 |
| 16. Точность дальномера . . . . .  | 85 |
| 16.1. Предельная точность измерения дальности на фазовом дальномере . . . . .  | 85 |
| 16.2. Ошибки фазового дальномера . . . . .   | 86 |
| 17. Оптимальный синтез радиоэлектронной системы . . . . .  | 90 |
| 17.1. Постановка задачи оптимального синтеза приемной системы под заданный сигнал . . . . .                            | 91 |
| 17.2. Преобразования первичной формы оптимального алгоритма . . . . .  | 93 |
| 18. Оптимальные алгоритмы определения фазы модулирующего процесса в дальномере ПУ-1 . . . . .                          | 95 |
| 18.1. Аналитическое и графическое представление вариантов оптимального синтеза приемного устройства . . . . .          | 96 |

|  |     |
|--|-----|
| 18.2. Реализация схемы оптимального алгоритма для измерения фазы .....       | 101 |
| 18.3. Синтез сигнала для измерения скорости .....                            | 103 |
| 18.4. Пример оптимального синтеза сигнала .....                              | 104 |
| 19. Априорная неопределенность .....   | 107 |
| 19.1. Общие принципы преодоления априорной неопределенности .....            | 107 |
| 19.2. Непараметрический подход при априорной неопределенности .....          | 109 |
| 19.3. Адаптивный подход при априорной неопределенности .....                 | 111 |
| 19.4. Гарантированный подход при априорной неопределенности .....            | 112 |
| 19.5. Рандомизированные алгоритмы .....                                      | 114 |
| 19.6. Робастные алгоритмы .....  | 115 |
| 19.7. Цифровая реализация алгоритма оптимального фазометра .....             | 117 |
| 20. Следящий фазометр и фазовая автоподстройка частоты ....                  | 119 |
| 20.1. Фазовая автоподстройка (ФАП) .....                                     | 120 |
| 20.2. Уравнения звеньев контура ФАП .....                                    | 121 |
| 20.3. Инженерные решения .....   | 124 |
| 20.4. Линейные уравнения режима слежения .....                               | 125 |
| 20.5. Шумовая ошибка слежения ФАП .....                                      | 127 |
| 20.6. Установление режима слежения и динамические ошибки ФАП .....           | 129 |
| 20.7. Нелинейные эффекты ФАП .....   | 131 |
| 20.8. Некоторые общие проблемы проектирования фазовых следящих систем .....  | 133 |
| 21. Стратегии дальнометра в борьбе с организованной прицельной помехой ..... | 135 |
| 22. Рандомизированный алгоритм и его оптимизация .....                       | 138 |
| 23. Радиозвено в системе управления .....                                    | 142 |
| III. ЗАДАЧИ И РЕШЕНИЯ .....  | 147 |
| Литература .....   | 164 |
| IV. ПОЛЕЗНЫЕ СОВЕТЫ ПРИ РАБОТЕ С ЗАДАНИЯМИ .....                             | 165 |