

# ОГЛАВЛЕНИЕ.

<b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>	<b>7</b>
ЛИТЕРАТУРА.....	20
<b>I. МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АППАРАТ И ФИЗИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ.....</b>	<b>24</b>
<b>1. СПЕКТРАЛЬНО-КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ.</b>	<b>24</b>
.....	24
1.1. Случайный процесс. Основные понятия.....	24
1.2. Случайные стационарные процессы. Производная и интеграл от случайного процесса.....	27
1.3. Спектрально-корреляционный анализ сигналов первой группы.....	31
1.4. Спектрально-корреляционный анализ сигналов второй группы.....	34
1.5. Спектрально-корреляционный анализ сигналов с неинтегрируемыми спектрами энергии.....	38
1.6. Спектрально-корреляционный анализ сигналов третьей группы.....	45
1.7. Корреляционная теория процессов со случайными стационарными $n$ -ми приращениями.....	51
<b>2. КВАЗИГАРМОНИЧЕСКИЕ СЛУЧАЙНЫЕ ПРОЦЕССЫ И СТАБИЛЬНОСТЬ ЧАСТОТЫ.</b>	<b>57</b>
2.1. Амплитуда и фаза квазигармонического случайного процесса.....	58
2.2. Кратковременная стабильность случайных монохроматических процессов.....	61
2.3. Спектр колебания с флуктуирующей частотой. Форма линии.....	66
<b>3. ТЕОРИЯ НЕСТАБИЛЬНОСТИ ГЕНЕРАТОРОВ, ОСНОВАННАЯ НА СТРУКТУРНЫХ ФУНКЦИЯХ.....</b>	<b>78</b>
Введение.....	78
3.1. Процессы в генераторе.....	80
3.2. Структурная функция $N$ -го приращения фазового процесса.....	81
3.4. Структурная функция $N$ -го приращения частотного процесса.....	84
3.4. Структурные функции для процессов типа фликкер-шума.....	86
3.5. Среднеквадратичное относительное отклонение частоты.....	87
3.6. Двухвыборочная дисперсия Аллена.....	89
3.7. $L$ -выборочная дисперсия Аллена.....	91
3.8. Характеристики нестабильностей частоты и фазы генераторов, основанные на структурных функциях.....	92
3.9. Преобразования из области $\tau$ в частотную область.....	95
3.10. Обратные преобразования, связывающие $D_{\phi}^{(M)}(\tau)$ , $D_{\psi}^{(M)}(\tau)$ и $S_{\psi}(\omega)$ или $R_{\psi}(\tau)$ .....	98
Приложение I. Структурные функции.....	99
Приложение II. Вывод некоторых формул.....	102
Приложение III. Решение одного функционального уравнения и его применения.....	106
Приложение IV.....	112
Приложение V.....	115
ЛИТЕРАТУРА.....	118
<b>1. ИСТОРИЯ СПЕКТРАЛЬНОГО ОЦЕНИВАНИЯ.....</b>	<b>121</b>
1.1. Авторегрессионный метод спектрального оценивания Юла.....	121

1.2. Обобщенный гармонический анализ Винера.....	124
1.3. Непротиворечивость обеих спектральных теорий.....	130
1.4. Теория предсказания Винера – Левинсона.....	133
1.5. Эмпирический спектральный анализ Тьюки.....	136
1.6. Быстрое преобразование Фурье, предложенное Кули и Тьюки.....	137
1.7. Спектральный анализ на основе метода максимизации энтропии, предложенного Бергом.....	138
ЛИТЕРАТУРА.....	145
<b>III. СПЕКТРАЛЬНОЕ ОЦЕНИВАНИЕ НА ОСНОВЕ МЕТОДА МАКСИМАЛЬНОЙ ЭНТРОПИИ.....</b>	<b>148</b>
ВВЕДЕНИЕ.....	148
1. ПРОБЛЕМЫ В СПЕКТРАЛЬНОЙ ТЕОРИИ ОЦЕНИВАНИЯ.....	149
2. СТАТИСТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ.....	153
2.1. Семинварианты и спектры различных порядков.....	153
2.2. Функция плотности распределения колебаний случайных последовательностей.....	155
2.3. Спектры сигналов первого и второго порядков.....	157
2.4. Биспектр.....	159
2.5. Стационарность и эргодичность.....	160
3. НОВЫЕ ФОРМЫ ЭНТРОПИИ СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ.....	163
3.1. Спектральное оценивание на основе метода максимальной энтропии.....	163
3.2. Энтропия и спектр нулевого порядка.....	167
3.3. Энтропия - функционал $\rho(\omega)$ и $S(\omega)$ .....	168
3.4. Энтропия - функционал $\rho(\omega)$ , $X(\omega)$ и $S(\omega)$ .....	170
3.5. Оптимизация спектральной плотности колебаний.....	172
4. ОЦЕНИВАНИЕ СПЕКТРОВ МЕТОДОМ МАКСИМАЛЬНОЙ ЭНТРОПИИ.....	173
4.1. Оценивание спектра излучения черного тела.....	174
4.2. Определение СПМ по ограниченной последовательности автокорреляционной функции (АКФ).....	176
5. ПРИБЛИЖЕННЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ СПЕКТРОВ.....	178
5.1. Метод ортогонализации.....	178
5.2. Аprobация метода ортогонализации.....	181
5.3. Метод обращения матрицы исходных данных.....	183
5.4. Результаты испытания метода обращения.....	186
ЛИТЕРАТУРА.....	191
<b>IV. ПРИКЛАДНОЙ АНАЛИЗ СЛУЧАЙНЫХ ДАННЫХ.....</b>	<b>192</b>
1. СБОР И ОБРАБОТКА ДАННЫХ.....	192
1.1. Сбор данных.....	192
1.2. Теоремы о дискретном представлении случайных процессов.....	193
1.3. Методы дискретизации и ошибки маскировки частот.....	195
1.4. Оценивание основных свойств процесса.....	198
1.5. Проверка стационарности.....	198
1.6. Проверка периодичности.....	202
1.7. Проверка нормальности.....	205
1.8. Статистическая независимость и выявление тренда.....	205
1.8.1. Критерий серий.....	205

1.8.2. Критерий инверсий.....	208
<b>2. ЦИФРОВЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА.....</b>	<b>211</b>
2.1. Подготовка данных.....	211
2.2. Приведение к нулевому среднему значению и единичной дисперсии.....	212
2.3. Удаление тренда.....	213
<b>3. МЕТОД И ПРОГРАММА “ГУСЕНИЦА” – SSA.....</b>	<b>216</b>
Введение.....	216
3.1. Иллюстративные примеры применения одномерной "Гусеницы".....	219
Введение.....	219
3.1.1. Подробное описание примера AIRLINES.....	220
3.1.2. Модельные примеры.....	229
Литература.....	239
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ПРИ АВТОМАТИЧЕСКОМ ВЫДЕЛЕНИИ ТРЕНДОВЫХ И ПЕРИОДИЧЕСКИХ СОСТАВЛЯЮЩИХ ВРЕМЕННОГО РЯДА В РАМКАХ ПОДХОДА «ГУСЕНИЦА»-SSA.....</b>	<b>240</b>
1. Введение.....	240
2. Описание методов выделения тренда и периодических составляющих.....	242
2.1. Алгоритм «Гусеница»-SSA.....	242
2.2. Метод автоматической идентификации компонент, соответствующих тренду.....	243
2.3. Метод автоматической идентификации компонент гармоник.....	245
3. Оптимальные пороговые значения для методов идентификации.....	246
3.1. Схема исследования.....	247
3.2. Метод Фурье.....	248
3.3. Метод низких частот.....	253
Литература.....	257
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ОЦЕНКА СПЕКТРАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ МОЩНОСТИ.....</b>	<b>258</b>
1. Корреляционные функции.....	258
2. Коррелограммный метод оценки.....	260
3. Периодограммная оценка СПМ.....	262
<b>V. ВЛИЯНИЕ ФЛУКТУАЦИЙ В ЭЛЕМЕНТАХ КВАНТОВОГО СТАНДАРТА НА СТАБИЛЬНОСТЬ ЧАСТОТЫ ВЫХОДНОГО СИГНАЛА.....</b>	<b>267</b>
1. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....	267
1.1. Амплитуда, фаза и частота.....	267
1.2. Основные определения в статистической теории квантовых стандартов частоты.....	268
2. ВЛИЯНИЕ ФЛУКТУАЦИИ В ЭЛЕМЕНТАХ КВАНТОВОГО СТАНДАРТА НА СТАБИЛЬНОСТЬ ЧАСТОТЫ ВЫХОДНОГО СИГНАЛА.....	276
2.1. Шумы функциональных элементов квантового стандарта частоты.....	276
2.2. Нестабильность частоты стандарта на основе квантового генератора... ..	283
2.3. Нестабильность частоты стандарта на основе квантового дискриминатора.....	293
2.4. Воспроизведения частоты стандарта.....	297
3. ЭЛЕКТРОННЫЕ ЧАСЫ С ОПОРНЫМ КВАНТОВЫМ СТАНДАРТОМ ЧАСТОТЫ.....	301
3.1. Основные понятия об измерении времени.....	301
3.2. Погрешность хранения времени электронными часами.....	303

3.3. <i>Коррекция электронных часов</i> .....	307
3.4. <i>Коррекция по образцовым местным часам</i> .....	310
ЛИТЕРАТУРА.....	314
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АТОМНЫХ СТАНДАРТОВ ЧАСТОТЫ.....	316
I. <i>Введение</i> .....	316
II. <i>Методы, применяемые при измерении шумов</i> .....	317
A. <i>Зависимость между спектральной функцией и дисперсией</i> .....	317
B. <i>Смежные поверки</i> .....	320
C. <i>Несмежные поверки</i> .....	324
D. <i>Проблема фликкер-шума</i> .....	326
III. <i>Атомные стандарты частоты</i> .....	329
A. <i>Пассивные атомные стандарты</i> .....	329
B. <i>Мазеры</i> .....	330
IV. <i>Поставленные эксперименты</i> .....	332
A. <i>Сравнение квантовых генераторов на <math>N^{15}H_3</math></i> .....	332
B. <i>Сравнение цезиевого эталона, квантового и кварцевого генераторов</i> .....	333
V. <i>Заключение</i> .....	336
<i>Приложение</i> .....	338
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕР ЧАСТОТЫ.....	341
1. <i>Основные определения</i> .....	341
2. <i>Характеристики стабильности частоты</i> .....	346