



МОДЕЛИ ПОЛЕЗНЫХ СИГНАЛОВ И ПОМЕХ СИСТЕМ ЗОНДИРОВАНИЯ АТМОСФЕРЫ

Карташов В.М., Тихонов В.А., Воронин В.В.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники

В настоящее время потребности практики требуют развития и совершенствования теории и техники дистанционного зондирования атмосферы с использованием акустических и электромагнитных волн – систем акустического (САЗ), радиоакустического (РАЗ), радиолокационного (РЛЗ) зондирования.

При исследовании методов помехозащиты систем РАЗ, САЗ, РЛЗ и определении их потенциальных возможностей, целесообразно иметь имитационные математические модели помеховых колебаний. В связи с этим актуальной является задача синтеза эффективных методов генерации случайных сигналов с различными формами спектров.

В докладе предложен способ генерации случайных действительных и комплексных сигналов с заданными характеристиками спектра методом формирующего фильтра на основе модели авторегрессии. Модель авторегрессии (АР) случайных сигналов обладает рядом свойств, позволяющих использовать ее для анализа и формирования случайных сигналов. Конструктивность модели дает возможность сравнительно просто синтезировать схемы и алгоритмы, позволяющие генерировать случайные процессы с заданными статистическими характеристиками. В работе рассматривается метод получения случайных процессов с одномодовой и многомодовыми формами спектральной плотности мощности (СПМ). Предложенный метод может быть использован для получения имитационных случайных процессов при анализе эффективности способов подавления акустических помех в системах акустической локации, а также в других задачах, требующих формирования случайных колебаний с заданными статистическими и спектральными свойствами.

В основу модели АР положена корреляция отсчета случайного процесса в текущий момент времени с некоторым конечным или бесконечным числом отсчетов в предыдущие моменты времени. В уравнении АР текущий отсчет представляется взвешенной суммой предыдущих с некоторыми коэффициентами веса. Для заданной выборки сигнала комплексная модель АР описывается разностным уравнением

$$\dot{x}[t] = \sum_{j=1}^p \dot{\Phi}[j] \dot{x}[t-j] + \dot{a}[t] \quad (1)$$

где $\dot{\Phi}[j]$ – комплексные коэффициенты АР, $\dot{a}[t]$ – ошибки предсказания модели, представляющие собой комплексные некоррелированные случайные отсчеты, p – порядок модели АР.

Генерация случайного процесса осуществляется методом формирующего фильтра с использованием порождающего случайного процесса. Порождающий процесс в виде белого шума пропускается через формирующий фильтр, параметры которого определяются соответствующей моделью АР. При этом параметры модели должны быть определены заранее, что можно сделать несколькими



Секция 2. Математическое и компьютерное моделирование информационных систем

способами. В случае, когда в результате исследований известны формы спектров и их характеристики, можно воспользоваться выражениями, полученными в докладе, которые связывают коэффициенты АР и параметры СПМ.

В докладе приведен как сам алгоритм моделирования случайных процессов, так и результаты имитационного моделирования комплексных и действительных процессов АР первого, второго, третьего и четвертого порядков с использованием полученных соотношений. Для получения имитационного процесса, например, на основе модели АР(1) с одномодовым спектром задавались характеристики СПМ, равные $f_1 = 500 \text{ Гц}$, $\Delta f_1 = 50 \text{ Гц}$ при $T = 10^{-4} \text{ с}$, что соответствует частоте дискретизации 10000 Гц.

Результаты моделирования сигналов с двумодовым спектром, представленные на рис. 1, показывают хорошее совпадение теоретической и выборочной двумодовой СПМ, полученной на основе комплексной модели АР(2).

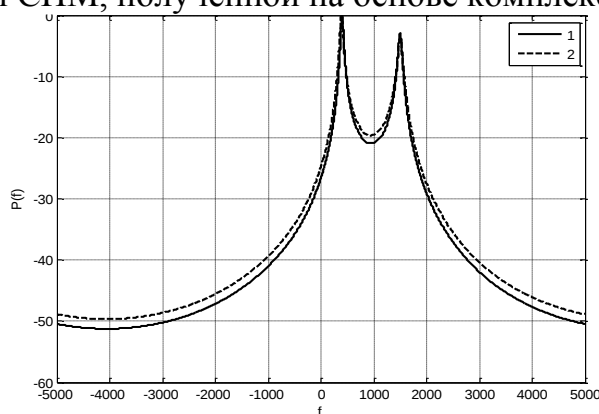


Рис. 1

Заметим, что для процессов со сложным многомодовым спектром, при расчете СПМ требуется более точная оценка корреляционной функции. Поэтому, для демонстрации потенциальной точности предложенного метода генерации процессов с трехмодовым и четырехмодовым спектром, использовалась выборка большей длины. Для получения действительных коэффициентов АР корни характеристического уравнения должны быть комплексно-сопряженными

$$\hat{c}[i] = e^{-\pi \Delta f_i T + j 2 \pi f_i T}, \quad \hat{c}[i+1] = e^{-\pi \Delta f_i T - j 2 \pi f_i T}.$$

Предложенный метод генерации случайных процессов целесообразно использовать прежде всего для получения узкополосных случайных процессов, для которых используемая модель АР является адекватной.

В докладе найдены соотношения, связывающие параметры спектра и комплексные коэффициенты модели АР случайных процессов, которые позволяют рассчитывать коэффициенты формирующего АР фильтра. Методом формирующего фильтра, при использовании гауссова белого шума в качестве порождающего процесса, сгенерированы комплексные процессы АР с заданными формами спектра. Приведенные результаты моделирования имитационных процессов с одномодовым и многомодовыми спектрами демонстрируют хорошее сходство теоретических и выборочных спектров.