МЕТОДЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЧАСТОТНЫХ СВОЙСТВ СТАТИСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ

В.А. Абдулаев
НПП "Диатекс"
99005, г. Севастополь, ул. Ленина,38
E – mail: Abdulaev@transcon.bizland.com

Можно представить следующие две конкретные цели измерения статистических характеристик реальных процессов и полей:

1) определение характеристик процессов, действующих на входе и выходе конкретного устройства, с целью описания его как канала связи;
2) получение характеристик процесса или поля, генерируемых (излучаемых) конкретной системой, устройством.

В первом случае измерения выполняются, как правило, в широком диапазоне, соответствующем рабочему диапазону частот исследуемой системы. Во втором - необходимо получить такой статистических характеристик процесса, чтобы их можно было использовать при оценке различных систем, работающих в различных диапазонах частот под воздействием процесса, генерируемого исследуемой системой. С этой целью предлагается измерять комплекс характеристик в смежных полосах частот, что позволяет получить сглаженную частотную зависимость выбранной статистической характеристики:

$$\dot{Q}(\omega) = \dot{Q}\left[\int_{-\infty}^{\infty} \xi(t')h_{\phi}(t-t')dt'\right],$$

где Q - оператор определения статистической характеристики;

$h_{\phi}(t) = \int_{-\infty}^{\infty} K_i(\omega)e^{-i\omega t}d\omega$ - импульсная характеристика фильтра с частотной характеристикой $K_i(\omega)$, полосой пропускания $\Delta\omega$ и средней частотой ω_i.

Поясним предложенный принцип измерения частотных свойств статистических характеристик. Известно, что спектр процесса характеризует распределение энергии колебаний по частоте, практически - распределение по частоте дисперсии колебаний в смежных полосах частот. Подобно распределению дисперсии, целесообразно характеризовать таким же образом распределение по частоте кумулянтов высших порядков, коэффициентов модуляции, коэффициентов взаимной корреляции двух процессов и т.п., определяемых в смежных полосах частот. Формирование такой зависимости от частоты, как будет показано ниже, может быть обусловлено как физикой образования процесса, так и суммированием процессов различной физической природы, обладающих различными спектрами и статистическими характеристиками, возможно, и не зависящими от частоты. Частотная зависимость статистической характеристики позволяет различать процессы по виду этой зависимости, например, при диагностике состояния исследуемой системы или выявлении источника данного процесса. При необходимости по данным частотной зависимости может быть определена статистическая характеристика в любом широком диапазоне частот. Рассмотрим в общей постановке вопрос.

Пусть процесс фильтруется идеальными полосовыми фильтрами и в каждой полосе частот характеризуется статистической характеристикой $Q(\omega_i)$. Тогда аналогичная характеристика в широкой полосе частот может быть найдена как характеристика Q суммы некоррелированных процессов ξ_i. Для линейного оператора

$$Q = Q\left[\sum_{i=N}^{N\mp n}\xi_i(t)\right] = \sum_{i=N}^{N\mp n}Q[\xi_i(t)] = \sum_{i=N}^{N\mp n}Q(\omega_i)$$

В случае нелинейного оператора Q возможно проявление взаимодействия процессов при их суммировании, выражающееся в ненулевом значении слагаемых вида $\overline{\xi_p^m(t)\xi_q^n(t)}$,, что должно учитываться при расчёте конкретной характеристики. Для дисперсии процесса $D = \overline{\xi^2(t)}$ в широкой полосе частот получим известное правило

$$D\left[\sum_{i=N}^{N+n}\xi_i(t)\right] = \sum_{i=N}^{N+n}D_{\xi_i} + \sum_i\sum_j\overline{\xi_i(t)\xi_j(t)} =$$
$$= \sum_{i=N}^{N+n}D_i$$

где учтено свойство некоррелированности процессов смежных не перекрывающихся полосах частот $\overline{\xi_i(t)\xi_j(t)} = 0$.

Необходимость измерения частотной зависимости различных статистических характеристик будем учитывать при обсуждении свойств различных моделей случайных процессов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Новиков А.К. Статистические измерения в судовой акустике. – Л.: Судостроение, 1985. – 272 с.