

О КОРРЕЛЯЦИИ ФЛУКТУАЦИЙ ИНТЕНСИВНОСТИ ШУМОВОГО СИГНАЛА В МНОГОМОДОВОМ ВОЛНОВОДЕ

Канделаки Д. В.

В работе [1] были рассмотрены корреляционные характеристики флуктуаций интенсивности шумового сигнала в многолучевом канале с постоянными параметрами. Представляет интерес обобщить результаты на случай модового представления поля и учесть дисперсионные свойства волновода.

Для этого, полагая излучаемый сосредоточенным источником шумовой сигнал узкополосным и стационарным, представим поле в некоторой точке волновода в спектральном виде:

$$p(t) = \sum_{k=1}^N A_k \int_{-\infty}^{\infty} e^{i\omega[t-\tau_k(\omega)]} dC(\omega), \quad (1)$$

где $C(\omega)$ — случайная спектральная амплитуда источника, A_k — амплитудные множители, не зависящие от частоты, $\tau_k(\omega)$ — время задержки сигнала k -той моды на частоте ω . Мгновенную интенсивность шума (квадрат амплитудной огибающей) $I(t) = p^2(t) + \tilde{p}^2(t)$, где $\tilde{p}(t)$ — сопряженная по Гильберту функция, можно представить в виде

$$I(t) = 4 \operatorname{Re} \sum_{k,m=1}^N A_k A_m \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} \exp i \left\{ (\omega_1 - \omega_2) \left(t - \frac{\tau_k + \tau_m}{2} \right) + \frac{\omega_1 + \omega_2}{2} (\tau_k - \tau_m) \right\} dC(\omega_1) dC^*(\omega_2). \quad (2)$$

Определим теперь для точек поля 1 и 2 взаимную корреляционную функцию флуктуаций интенсивности, $R_{\Delta I}^{12}(\rho) = \langle \Delta I_1(t) \Delta I_2(t+\rho) \rangle$, где $\Delta I = I(t) - \langle I(t) \rangle$, а скобки $\langle \rangle$ означают среднюю величину по ансамблю реализаций. Выполнив соответствующее усреднение с использованием выражения (2), свойств спектральных разложений стационарных случайных функций и предположения о гауссовом характере процесса (что позволяет выразить четвертый статистический момент через сумму попарных произведений взаимных корреляционных моментов), получим следующее выражение:

$$R_{\Delta I}^{12}(\rho) = 8 \operatorname{Re} \sum_{k,m=1}^{N_1} \sum_{n,l=1}^{N_2} A_k A_m A_n A_l \{ F(\Delta_{lk} - \rho) F^*(\Delta_{nm} - \rho) + F(\Delta_{nk} - \rho) F^*(\Delta_{lm} - \rho) \}, \quad (3)$$

где $F(x) = \int_0^{\infty} g(\omega) \exp[-i\omega x(\omega)] d\omega$, $g(\omega)$ — энергетический спектр излучаемого шума, $\Delta_{lk}(\omega) = \tau_l(\omega) - \tau_k(\omega)$. При условии $d\tau/d\omega \equiv 0$ выражение (3) переходит в соответствующее выражение работы [1].

В многомодовом волноводе $\Delta_{lk} = (\kappa_l r_2 - \kappa_k r_1) / \omega = \Delta\varphi_{lk}^{12}(\omega) / \omega$, где $r_{1,2}$ — горизонтальное расстояние, $\kappa_{l,k}$ — горизонтальные волновые числа. Для узкополосного сигнала с прямоугольным спектром и центральной частотой ω_0 при $\kappa(\omega) \approx \kappa(\omega_0) + (\omega - \omega_0) \kappa' |_{\omega=\omega_0}$ соотношение (3) приводит к следующему результату:

$$R_{\Delta I}^{12}(\rho) = 32 \sum_{k,m=1}^{N_1} \sum_{n,l=1}^{N_2} A_k A_m A_n A_l \left\{ \frac{\sin(b_{lk}\Delta\omega/2) \sin(b_{nm}\Delta\omega/2)}{b_{lk}b_{nm}} \cos[a_{lk} - a_{nm} + (b_{lk} - b_{nm})\omega_0] + \frac{\sin(b_{nk}\Delta\omega/2) \sin(b_{lm}\Delta\omega/2)}{b_{nk}b_{lm}} \cos[a_{nk} - a_{lm} + (b_{nk} - b_{lm})\omega_0] \right\}, \quad (4)$$

где $\Delta\omega$ — полоса частот сигнала, $a_{lk} = \Delta\varphi_{lk}^{12}(\omega_0) - \omega_0 (\Delta\varphi_{lk}^{12})' |_{\omega=\omega_0}$, $b_{lk} = (\Delta\varphi_{lk}^{12})' |_{\omega=\omega_0} - \rho$. Соотношения (3) и (4) определяют корреляцию флуктуаций интенсивности шума с учетом дисперсионных свойств волновода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Канделаки Д. В. О корреляционных характеристиках флуктуаций интенсивности шумового сигнала в акустических волноводах. — Акуст. журн., 1985, т. 31, № 4, с. 533–535.

Поступило в редакцию
28.II.1985