УДК 534.231.2

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:

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

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

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

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:

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

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

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

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