

09

©1994

## ОСЦИЛЛЯЦИИ ДЛИТЕЛЬНОСТИ РАДИОИМПУЛЬСА, РАСПРОСТРАНЯЮЩЕГОСЯ В НЕОДНОРОДНОЙ ЛИНИИ ПЕРЕДАЧИ

*Ю. Н. Зайко*

Искажение радио- и видеоимпульсов, связанное с изменением их параметров (формы, длительности и др.) является неизбежным при их распространении в линейных средах и линиях передачи (ЛП) с дисперсией и неоднородностями. Если исследованию влияния дисперсии на искажение импульсов посвящено огромное число работ, то влияние неоднородностей исследовано значительно меньше. Искажение видеоимпульсов в неоднородных микрополосковых ЛП для различных неоднородностей (поворот, скачок ширины полоска и др.) рассматривалось в работе [1]. Настоящая работа посвящена рассмотрению этого вопроса для радиоимпульса, распространяющегося в произвольной ЛП с произвольной неоднородностью. В основу рассмотрения положены аналитические свойства матрицы рассеяния ( $S$ -матрицы), характеризующей преобразование сигнала на неоднородности, которые проявляются в том, что  $S(\omega)$  имеет полюса в плоскости комплексной частоты, расположение которых хотя и зависит от вида конкретной неоднородности, подчиняется ряду общих требований, вытекающих из условий физической реализации ЛП [2].

Если на вход ЛП подан сигнал  $f(0, t) = \exp(-\frac{1}{2}a_0 t^2 - i\omega_0 t)$ , где  $\omega_0$  — несущая частота,  $a_0 = \frac{8}{(\Delta t_0)^2}$ ,  $\Delta t_0$  — начальная длительность импульса по уровню  $e^{-1}$ , то выражение для сигнала на выходе ЛП в точке  $z$  имеет вид

$$f(z, t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi a_0}} \int_{-\infty}^{\infty} S(\omega) \exp \left[ - \left( \frac{\omega - \omega_0^2}{\Delta_0} \right) - i\omega_0 t + ik(\omega)z \right] d\omega, \quad (1)$$

где  $k(\omega) = \frac{\omega}{c} \sqrt{\varepsilon_e(\omega)}$ ,  $\varepsilon_e(\omega)$  — эффективная диэлектрическая проницаемость;  $\Delta_0 = \sqrt{2a_0}$  — ширина спектра импульса;  $S(\omega)$  — элемент  $S$  — матрицы для фиксированного канала рассеяния:  $S(\omega) = |S(\omega)|e^{i\varphi(\omega)}$ . Вычисляя (1) методом пере-

вала с точностью до постоянного сомножителя, имеем

$$f(z, t) \simeq |S(\omega_0)| \exp \left[ -\frac{1}{2} a (t - t_d)^2 - i\omega_0 t + ik(\omega_0)z + i\varnothing \right],$$

$$a = \frac{a_0^{-1}}{a_0^{-2} + (k''_{\omega} + \varphi''_{\omega})^2}, \quad t_d = k'_{\omega} z + \varphi'_{\omega}, \quad (2)$$

$t_d$  — время групповой задержки,  $\Delta t = \sqrt{\frac{8}{a}}$  — длительность импульса на выходе ЛП,  $i\varnothing$  описывает частотную модуляцию заполнения. Вблизи полюса можно использовать выражения [2]

$$|S(\omega)| \simeq \frac{\omega_n}{2\Gamma_n} \left[ 1 + \left( \frac{\omega - \omega_n}{\Gamma_n} \right)^2 \right]^{-\frac{1}{2}};$$

$$\varphi(\omega) \simeq \text{arctg} \frac{\Gamma_n}{\omega - \omega_n}; \quad \omega \simeq \tilde{\omega}_n \omega_n i \Gamma_n. \quad (3)$$

Величина  $\Gamma_n$  имеет смысл ширины резонансного пика в прозрачности  $|S|^2$ . Для  $\Delta t_0 \simeq 1$  и  $\Delta_0 \ll \Gamma_n$  и вычисление корректно для неоднородностей с  $\Gamma_n \sim 10^{11}$  Рад/с [1]. Приведем выражение для длительности импульса вблизи резонанса  $\omega_0 \simeq \omega_n$ :

$$\Delta t^2 = \Delta t_0^2 + \frac{64}{(\Delta t_0)^2} \left\{ k''_{\omega} \cdot z + \frac{2}{\Gamma_n^3} \frac{\omega_0 - \omega_n}{\left[ 1 + \left( \frac{\omega_0 - \omega_n}{\Gamma_n} \right)^2 \right]^2} \right\}^2. \quad (4)$$

Если пренебречь полюсной структурой  $S(\omega)$ , то последнее слагаемое в (4) исчезает:  $\Gamma_n \rightarrow \infty$ , и мы приходим к известному результату теории дисперсии [3], учитывающему искажение импульса за счет дисперсии ЛП. Из (4) можно заключить, что длительность импульса на выходе неоднородной ЛП немонотонным образом зависит от  $\omega_0$ , совершая колебание при прохождении резонанса  $\omega_0 \simeq \omega_n$ . При прохождении через следующие резонансы ситуация повторяется, т. е. в целом длительность импульса на выходе ЛП осциллирует с изменением несущей частоты.

Автор благодарит В.В.Пуртова за обсуждения.

## Список литературы

- [1] *Зайко Ю.Н., Королева И.Г.* // Электронная техника. Сер. 1. Электроника СВЧ. 1991. В. 3. С. 63–64.
- [2] *Фельдштейн А.Л., Явич Л.Р.* Синтез четырехполюсников и восьмиполусников на СВЧ. М., 1971. 388 с.
- [3] *Вайнштейн Л.А.* // УФН. 1976. Т. 118. В. 2. С. 339–367.

Центральный  
научно-исследовательский институт  
измерительной аппаратуры  
Саратов

Поступило в Редакцию  
30 января 1994 г.