

Исследование вероятностных характеристик приема информационно-емких цифровых сигналов при распространении по анизотропным трансионосферным радиолиниям

д.ф.-м.н. Л.Е. Назаров

Фрязинский филиал Института радиотехники и электроники им. В.А.Котельникова РАН, г.Фрязино

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

ЦЕЛЬ - ОЦЕНИВАНИЕ ВЕРОЯТНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИЕМА ЧАСТОТНО-ЭФФЕКТИВНЫХ ЦИФРОВЫХ СИГНАЛОВ ПРИ РАСПРОСТРАНЕНИИ ПО ТРАНСИОНОСФЕРНЫМ АНИЗОТРОПНЫМ РАДИОЛИНИЯМ

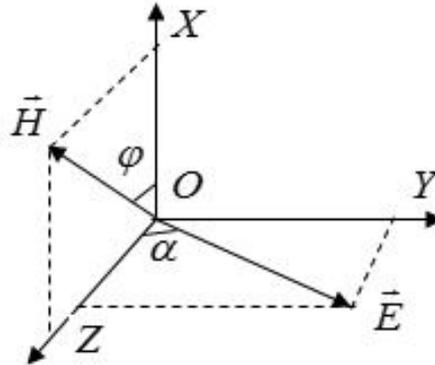


Схема распространения электромагнитных волн вдоль оси OX
(поперечное распространение, продольное распространение)

МОДЕЛЬ ИСКАЖЕНИЙ СИГНАЛОВ ПРИ РАСПРОСТРАНЕНИИ

Модель коэффициента диэлектрической проницаемости изотропной радиолинии

$$e(z, f) = 1 - f_p^2(z) / f^2 \qquad f_p(z) = \sqrt{\frac{N_3(z)e^2}{(2\pi)^2 \varepsilon_0 m}} \qquad N_3(z) = \sqrt{\beta \exp[-(\exp(b(z - z_n)) / \sin \chi + bz)]}$$

Модели коэффициента диэлектрической проницаемости анизотропной радиолинии

$$\varepsilon_{1,2}(z, f) = 1 - \frac{2f_p^2(z)}{2f^2 - h(z, f) \pm \sqrt{h^2(z, f) + 4f^2 f_{\text{пр}}^2}}$$

$$h(z, f) = \frac{f_{\text{пп}}^2}{(1 - f_p^2 / f^2)}$$

$$f_{\text{пп}} = \frac{\mu_0 e H_{\text{пп}}}{m}$$

$$f_{\text{пр}} = \frac{\mu_0 e H_{\text{пр}}}{m}$$

$$H_{\text{пп}} = H \sin \varphi$$

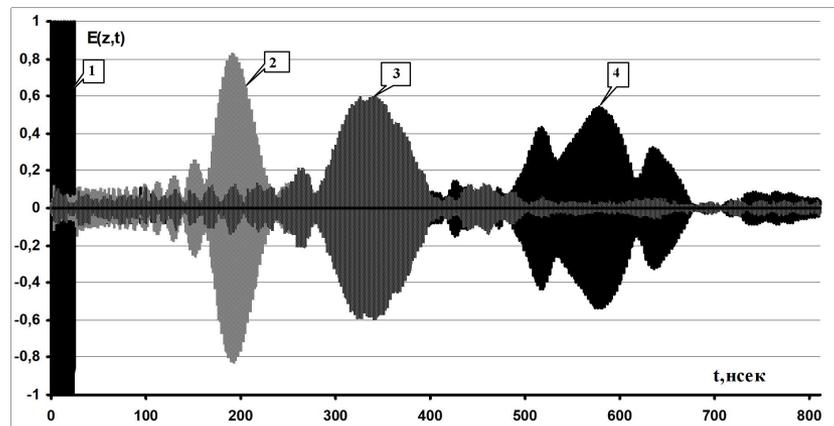
$$H_{\text{пр}} = H \cos \varphi$$

МОДЕЛИ ИСКАЖЕНИЙ ЦИФРОВЫХ СИГНАЛОВ

$$E(z,t) = \int \dot{g}(f) \dot{H}(z,f) \exp(j2\pi f t) df$$

$$\dot{H}(f,z) = \exp(j2\pi f \tau(z,f)) = \exp \left[j2\pi f \int_0^z \frac{dx}{c\phi} \right]$$

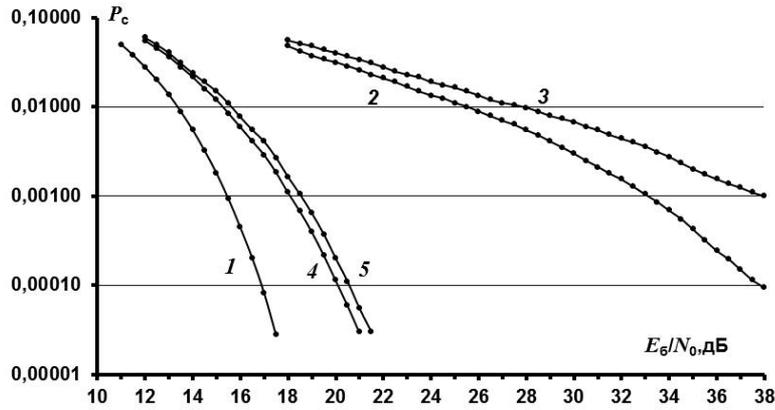
$$\Delta\tau(z,f) = \frac{\int_0^z n(x,f)(R_3 + x) dx}{c \phi \left(n^2(x,f)(R_3 + x)^2 - (n_0 R_3 \sin(\theta_A - \xi_A))^2 \right)^{1/2}} - \frac{L_{AB}}{c}$$



Вид радиоимпульса при распространении по ионосферной радиолинии

РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

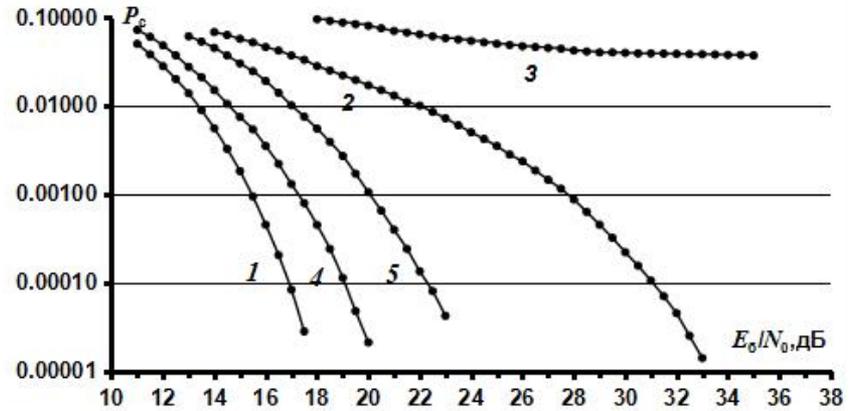
$$h(z, f) \gg 2ff_{\text{пр}}$$



Вероятности ошибки P_c для ФМ-16 при распространении по анизотропной радиолнии (поперечное распространение):

- 1 - распространение в свободном пространстве;
- 2 - $T = 100$ нс, ε_1 ;
- 3 - $T = 100$ нс, ε_2 ;
- 4 - $T = 200$ нс, ε_1 ;
- 5 - $T = 200$ нс, ε_2 .

$$h(z, f) \ll 2ff_{\text{пр}}$$



Вероятности ошибки P_c для сигналов ФМ-16 при распространении по анизотропной радиолнии (продольное распространение):

- 1 - распространение в свободном пространстве;
- 2 - $T = 100$ нс, ε_1 ;
- 3 - $T = 100$ нс, ε_2 ;
- 4 - $T = 200$ нс, ε_1 ;
- 5 - $T = 200$ нс, ε_2 .

РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Вычисленные значения энергетических потерь ΔE при $P_c = 10^{-5}$ (поперечное распространение)

Сигналы	$T = 100$ нс		$T = 200$ нс	
	ε_1	ε_2	ε_1	ε_2
ФМ-4	1 дБ	1.1 дБ	0.5 дБ	0.6 дБ
ФМ-8	4 дБ	4.1 дБ	1 дБ	1.1 дБ
ФМ-16	>10 дБ	>10 дБ	3.5 дБ	4 дБ

Вычисленные значения энергетических потерь ΔE при $P_c = 10^{-5}$ (продольное распространение)

Сигналы	$T = 100$ нс		$T = 200$ нс	
	ε_1	ε_2	ε_1	ε_2
ФМ-4	1.5 дБ	2 дБ	0.5 дБ	1 дБ
ФМ-8	3.5 дБ	5 дБ	1 дБ	3 дБ
ФМ-16	>10 дБ	>10 дБ	2.5 дБ	5.5 дБ

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ К ДОКЛАДУ!