

МЕТОДИКА ВИБОРУ РОБОЧИХ ЧАСТОТ ДЛЯ СИСТЕМ РАДІОЗВ'ЯЗКУ З ПСЕВДОВИПАДКОВОЮ ПЕРЕСТРОЙКОЮ РОБОЧОЇ ЧАСТОТИ

Кувшинов О.В., Борознюк М.В., Рубцов І.Ю.

Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації, Україна

E-mail: igor@rubtsov.com.ua

High order modes of dielectric resonator for microwave applications

The report provides the backup method of choice for radio frequencies with adaptive frequency hopping. The concepts of vector frequency, time, steady-state operation of the radio link. Based on the definition of these indicators are designed to the requirements of the operating frequencies. The proposed method can be used in the design of anti-interference of decimeter communication systems.

Одним з ефективних режимів роботи засобів радіозв'язку, що забезпечує необхідний рівень завадозахищеності ліній декаметрового зв'язку, є режим адаптивної програмної перестройки робочої частоти (ППРЧ).

Його практична реалізація передбачає вибір робочих частот, рівень шуму на кожній з яких не перевищує допустимого значення. В загальному випадку це є нетривіальною задачею, тому для її рішення пропонується наступна методика.

Визначення часу стійкого стану в радіолінії з ППРЧ. Під режимом адаптивної ППРЧ будемо вважати режим програмної перебудови, при якому для функціонування радіолінії обираються частоти, на яких забезпечуються найкращі умови зв'язку по показнику достовірності.

Для оцінки ступеня нерівномірності вибору робочих частот радіолінії введемо поняття коефіцієнту використання i -тої частоти як відношення сумарного часу роботи на зазначеній частоті (τ_{Σ_i}) до загального часу функціонування в режимі ППРЧ (T_a) :

$$\alpha_i = \tau_{\Sigma_i} / T_a. \quad (1)$$

де $T_a = \sum_{i=1}^m \tau_{\Sigma_i}$, $i=1,2,\dots, m$; m – число частот, що виділені для функціонування радіолінії.

Сукупність значень $\{\alpha_i\}$ утворюють вектор робочих частот $A = \|\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m\|$, який визначимо як функцію часу:

$$A(t) = \|\alpha_1(t), \alpha_2(t), \dots, \alpha_m(t)\|. \quad (2)$$

З урахуванням виразу (2) введемо поняття часу стійкого стану як значення часу інваріантного вектору $A(t) = \|\alpha_1(t), \alpha_2(t) \dots \alpha_m(t)\|$, яку буде визначатися ефективністю функціонування радіолінії з адаптивною ППРЧ.

Для аналітичного представлення введеного поняття припустимо, що радіолінія функціонує в умовах навмисних завад, що представлені у вигляді адитивного білого гаусівського шуму коли перевищення рівня сигналу над рівнем завад $z_i = y_i - x_i$ на кожній з робочих частот описується стаціонарною кореляційною функцією вигляду [1]

$$B_i(\tau) = \exp(-\tau^2/2\tau_{z_i}^2), \quad (3)$$

де τ_{z_i} - інтервал кореляції рівня сигналу на i -тій частоті; $i = 1, 2, \dots, m$.

Припустимо також, що зміна значення коефіцієнту використання i -тої частоти відбувається при пересіченні амплітуди випадкового процесу $z_i(t)$ допустимого значення перевищення рівня сигналу над рівнем завад $z_{\text{доп}}$.

Для розглянутих умов час стійкого стану для радіолінії з адаптивною ППРЧ $\bar{\tau}_{\text{стійк}}$ ППРЧ визначимо як мінімальний інтервал пересічення випадковим процесом $z_i(t)$ рівня $z_{\text{доп}}$. Тоді середню тривалість позитивного $\bar{\tau}_{\text{прі}}$ та негативного $\bar{\tau}_{\text{нпрі}}$ викидів процесу з параметрами

$\bar{z}_i, \delta_{z_i}, B_i(\tau)$ ($i = 1, 2, \dots, m$) розрахуємо з використанням виразів з [1]:

$$\bar{\tau}_{\text{прі}} = \frac{2\pi}{\sqrt{-B''_{0i}}} \left(1 - F \left(\frac{z_{\text{доп}} - \bar{z}_i}{\delta_{z_i}} \right) \right) \exp \left((z_{\text{доп}} - \bar{z}_i)^2 / 2\delta_{z_i}^2 \right), \quad (4)$$

$$\bar{\tau}_{\text{нпрі}} = \frac{2\pi}{\sqrt{-B''_{0i}}} F \left(\frac{z_{\text{доп}} - \bar{z}_i}{\delta_{z_i}} \right) \exp \left((z_{\text{доп}} - \bar{z}_i)^2 / 2\delta_{z_i}^2 \right), \quad (5)$$

де $F(\varepsilon) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\varepsilon} e^{-t^2/2} dt$ - інтеграл ймовірності Лапласа [1];

$B''_{0i} = \left(\frac{\delta_{x_i}}{\delta_{x_i} + \delta_{y_i}} \frac{1}{\tau_{x_i}^2} + \frac{\delta_{y_i}}{\delta_{x_i} + \delta_{y_i}} \frac{1}{\tau_{y_i}^2} \right)$ - друга похідна від функції кореляції при

нульовому значенні аргументу; $\delta_{z_i} = \sqrt{\delta_{x_i}^2 + \delta_{y_i}^2}$ - середньоквадратичне відхилення перевищення рівня сигналу над рівень завад.

Введемо поняття стійкого стану i -тої робочої частоти $\bar{\tau}_{\text{стійкі}}$, під яким будемо розуміти математичне очікування інтервалу часу, на протязі якого будемо розуміти $z_i(t) \geq z_{\text{доп}}$ або $z_i(t) < z_{\text{доп}}$:

$$\bar{\tau}_{\text{стійкі}} = P_i(P_{\text{пом}} \leq P_{\text{помі}}) \bar{\tau}_{\text{прі}} + (1 - P_i(P_{\text{пом}} \leq P_{\text{помі}})) \bar{\tau}_{\text{нпрі}}, \quad (6)$$

$$\text{де } P_i(P_{\text{пом}} \leq P_{\text{пом}}) = F\left(\frac{\bar{z}_i - \bar{z}_{\text{доп}}}{\delta_{z_i}}\right) = \frac{\bar{\tau}_{\text{при}}}{\bar{\tau}_{\text{при}} + \bar{\tau}_{\text{нпри}}} [2].$$

З урахуванням введених визначень та обмежень час стійкого стану в адаптивній радіолінії з ППРЧ представимо як:

$$\bar{\tau}_{\text{стійк ППРЧ}} = \min\{\bar{\tau}_{\text{стійк}i}\}. \quad (7)$$

Вираз (6) перетворимо до вигляду:

$$\bar{\tau}_{\text{стійк ППРЧ}} = \min\left\{\frac{2\pi}{\sqrt{-B''_{0i}}} \exp\left(\frac{(z_{\text{доп}} - \bar{z}_i)^2}{2\delta_{z_i}^2}\right) \left[1 - F\left(\frac{z_{\text{доп}} - \bar{z}_i}{\delta_{z_i}}\right)\right]^2 + F^2\left(\frac{z_{\text{доп}} - \bar{z}_i}{\delta_{z_i}}\right)\right\} \quad (8)$$

Висновки:

З аналізу отриманих результатів можна сказати, що вибір резервних частот для радіолінії з адаптивною ППРЧ необхідно проводити з урахуванням параметрів випадкового процесу перевищення рівня сигналу над рівнем завад на зазначених частотах.

Основні етапи методики вибору резервних частот для радіолінії з адаптивною ППРЧ визначимо наступні:

- для кожної з робочих частот визначається середньоквадратичне відхилення рівня завад, інтервали кореляції завад, рівень сигнал/завада;
- ранжуються робочі частоти по критерію найбільшого значення рівня і інтервалу кореляції завад, перевищення середнього рівня сигналу над середнім рівнем завад близького до допустимого значення;
- визначення часу стійкого стану для кожної з частот;
- ранжуються частоти по часу стійкого стану;
- здійснення вибору робочих частот.

Запропонована методика може бути при проектуванні завадостійких систем військового радіозв'язку.

Література

1. Адаптивные автоматизированные системы военной радиосвязи / Ю.П. Килимник, Е.В. Лебединский, В.К. Прохоров, А.Н. Шаров; Под ред. А.Н. Шарова.-Л.: ВАС, 1978.-284 с.
2. Военные системы радиосвязи. Часть II / Под ред. В.В. Игнатова.- Л.: ВАС, 1990 - 176 с.