

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПОТЕНЦИАЛЬНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ПОДАВЛЕНИЯ АКТИВНЫХ ШУМОВЫХ ПОМЕХ

Винт Ту Аунг, магистрант

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Институт информационных технологий,
г. Минск, Республика Беларусь

Дмитренко А.А. – канд. техн. наук, доцент

Расчет численных значений потенциального коэффициента подавления активных шумовых помех (АШП) является необходимым для оценки эффективности работы адаптивных алгоритмов подавления АШП в радиолокационных станциях (РЛС) обзора. В качестве основного численного критерия, позволяющего оценить помехоустойчивость РЛС используется коэффициент подавления помех – отношение мощности помехи на входе системы защиты к мощности помехи на ее выходе [1-4].

Мощность АШП на входе устройства компенсации:

$$\sigma_0^2 = \overline{f_0 f_0^*}, \quad (1)$$

где f_0 – входной сигнал основного канала.

Мощность АШП на выходе устройства компенсации при наличии одного дополнительного канала:

$$\sigma_\Sigma^2 = \overline{f_0 - h f_1} = \overline{|f_0|^2} + 2\overline{f_0 f_1^*} h + \overline{|f_1|^2} h^2 \Rightarrow \sigma_\Sigma^2 = \sigma_0^2 - 2h r \sigma_0 \sigma_1 + h^2 \sigma_1^2, \quad (2)$$

где h – весовой коэффициент; f_1 – входной сигнал дополнительного канала; r – комплексный коэффициент корреляции помехи в основном и дополнительном каналах.

В установившемся режиме помеха на выходе основного канала полностью скомпенсирована. Для определения величины оптимального весового вектора, при котором происходит полная компенсация АШП необходимо найти производную по h и приравнять ее нулю:

$$\frac{d\sigma_\Sigma^2}{dh} = -2r \sigma_0 \sigma_1 + 2h \sigma_1^2 = 0 \Rightarrow h_{\text{опт}} = r \frac{\sigma_0}{\sigma_1}. \quad (3)$$

Степень корреляции выходного напряжения автокомпенсатора с напряжением дополнительного канала при оптимальном значении весового вектора $h = h_{\text{опт}}$:

$$\overline{f_\Sigma f_1^*} = \overline{\left(f_0 - r \frac{\sigma_0}{\sigma_1 f_1}\right) f_1^*} = \overline{f_0 f_1^*} - r \frac{\sigma_0}{\sigma_1} \overline{|f_1 f_1^*|} = r \sigma_0 \sigma_1 - r \frac{\sigma_0}{\sigma_1} \sigma_1^2. \quad (4)$$

Таким образом, выходное напряжение АКМИ полностью декоррелируется с напряжением дополнительного канала приема. Этот факт и является признаком минимизации дисперсии шумовой помехи на выходе АКМИ. Действительно, при

$$h_{\text{опт}} = r \frac{\sigma_0}{\sigma_1} \quad (5)$$

$$\sigma_\Sigma^2 = \sigma_0^2 - 2|r|^2 \sigma_0^2 + |r|^2 \sigma_0^2 = \sigma_0^2 (1 - |r|^2). \quad (6)$$

Следовательно, эффективность АКМИ, определяемая как отношение мощности шумовой помехи в основном канале к мощности помехи на выходе АКМИ, равна:

$$\nu_{\text{АКМИ}} = \frac{\sigma_0^2}{\sigma_\Sigma^2} = \frac{1}{1 - |r|^2}. \quad (7)$$

Значение модуля коэффициента корреляции АШП в основном и дополнительном каналах:

$$|r| = r_{\text{пр}} r_{\text{звезд}}, \quad (8)$$

где $r_{\text{пр}}$ – коэффициент корреляции между основным и дополнительным каналом, обусловленный ограничением пространственной корреляции АШП на раскрытие антенной системы:

$$r_{\text{пр}} = e^{-\frac{2d}{l_{\text{пр}}}}, \quad (9)$$

где d – расстояние между фазовыми центрами основной и дополнительной антенн; $l_{\text{пр}}$ – радиус пространственной корреляции АШП в районе антенной системы РЛС с АКМИ:

$$l_{\text{пр}} = \lambda \frac{r_{\text{АШП}}}{L_{\text{АШП}}}, \quad (10)$$

где λ – длина волны; $r_{\text{АШП}}$ – дальность до постановщика АШП; $L_{\text{АШП}}$ – размер апертуры антенны постановщика АШП;

r_3 – коэффициент корреляции между основным и дополнительным каналами приема, обусловленный временным запаздыванием огибающей помехи на раскрые антенной системы в полосе АКМИ:

$$r_3 = e^{-\frac{\pi(\Delta f_{\text{шд}} \sin \theta_{\text{ш}})^2}{4c}}, \quad (11)$$

где $\Delta f_{\text{ш}}$ – ширина спектра АШП; $\theta_{\text{ш}}$ – угловое направление прихода АШП; $r_{\text{неид}}$ – коэффициент корреляции за счет неидентичности АЧХ приемных трактов основного и дополнительного каналов:

$$r_{\text{неид}} = 1 - \frac{|\delta f|}{\Delta f_0}, \quad (12)$$

где δf – величина рассогласования АЧХ; Δf_0 – полоса пропускания радиоприемного устройства РЛС.

Наличие внутренних шумов в каналах приема приводит к декорреляции помеховых колебаний и, как следствие, к снижению эффективности когерентной компенсации. С учетом внутренних шумов:

$$v_{\text{АКМИ}} = \frac{1}{1 - |\tilde{r}|^2 \varepsilon_0}, \quad (13)$$

где ε_0 – множитель, учитывающий декорреляцию помеховых колебаний $f_{\text{з}}$ и h за счет наличия внутренних шумов в трактах приема:

$$\varepsilon_0 = \frac{\xi_{\text{ш0}}}{(1 + \xi_{\text{ш0}})} \frac{\xi_{\text{ш1}}}{(1 + \xi_{\text{ш1}})}, \quad (14)$$

где $\xi_{\text{ш0}}$ – отношение помеха-внутренний шум в основном канале приема:

$$\xi_{\text{ш0}} = \frac{\sigma_0^2}{\sigma_{\text{вн0}}^2}, \quad (15)$$

$\xi_{\text{ш1}}$ – отношение помеха-внутренний шум в дополнительном канале приема:

$$\xi_{\text{ш1}} = \frac{\sigma_1^2}{\sigma_{\text{вн1}}^2}. \quad (16)$$

Представленная методика расчета потенциального коэффициента подавления активных шумовых помех в РЛС обзора позволяет с высокой степенью достоверности осуществлять оценку эффективности работы адаптивных алгоритмов подавления активных шумовых помех в радиолокационных станциях обзора.

Список использованных источников:

1. Методы и средства радиоэлектронной борьбы: монография / Ю. М. Перунов, А. И. Куприянов. - Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. - 376 с.
2. Радиоэлектронные системы: основы построения и теория: справочник / [Я. Д. Ширман и др.] ; под ред. Я. Д. Ширмана. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - Москва: Радиотехника, 2007. - 510 с.
3. Основы построения радиолокационных станций радиотехнических войск: учебник / В.Н. Тяпкин, А.Н. Фомин, Е.Н. Гарин [и др.]; под общ. ред. В.Н. Тяпкина. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т. – 2011. – 536 с.
4. Охрименко, А. Е. Основы радиолокации и радиоэлектронная борьба. Ч.1. Основы радиолокации: Учеб. для высших училищ ПВО / А. Е.Охрименко. – М.: Воениздат, 1983. – Ч.1. – 456 с.