

УДК 621.371.3

Родионов С. С., канд. техн. наук, доцент (Тел.: +380 (50) 239 93 12. E-mail: rodionov1934@mail.ru)

Кондаков А. Н., аспирант (Тел.: +380 (93) 430 46 73. E-mail: fokker51@ukr.net)

(Государственный университет телекоммуникаций, г. Киев)

КОМПЕНСАЦИЯ ПОМЕХ ПРИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СЕЛЕКЦИИ АДАПТИВНОЙ ЗАЩИТЫ СИСТЕМЫ СВЯЗИ

Родионов С. С., Кондаков О. М. Компенсація завад при просторовій селекції адаптивного захисту системи зв'язку. Для забезпечення завадостійкості системи зв'язку в умовах впливу завади, джерело якої не суміщено по куту з джерелом корисного сигналу і може випадковим чином змінювати своє кутове положення, розглядається адаптивний просторовий метод амплітудної компенсації. Запропоновані умови поточної оцінки положення джерела завад по еквівалентному центру випромінювання від двох джерел. Визначена залежність кутового зміщення зони компенсації від зміни коефіцієнтів підсилення приймальних каналів.

Ключові слова: адаптація, показник ефективності, розпізнавання, просторова компенсація, еквівалентний центр випромінювання джерел, програмне керування

Родионов С. С., Кондаков А. Н. Компенсация помех при пространственной селекции адаптивной защиты системы связи. Для обеспечения помехоустойчивости системы связи в условиях воздействия помехи, источник которой не совмещен по углу с источником полезного сигнала и может случайным образом менять свое угловое положение, рассматривается адаптивный пространственный метод амплитудной компенсации. Предложены условия текущей оценки положения источника помех по эквивалентному центру излучения от двух источников. Определена зависимость углового смещения зоны компенсации от изменения коэффициентов усиления приемных каналов.

Ключевые слова: адаптация, показатель эффективности, распознавание, пространственная компенсация, эквивалентный центр излучения источников, программное управление

Вступление. Каналы радиосвязи телекоммуникационных систем функционируют в сложной динамически изменяющейся по случайному закону электромагнитной обстановке. Средства защиты в приемных устройствах, рассчитаны на определенные заданные виды помех (мешающие сигналы) и их параметры в этих условиях могут оказаться не только неэффективными, но и быть дополнительными каналами помехоуязвимости системы. В этих условиях наиболее рациональным принципом обеспечения помехоустойчивости является адаптивный принцип, предусматривающий подстройку системы помехозащиты (параметров, алгоритма обработки сигналов, включение специальных устройств защиты и т.д.) приемника под наиболее опасную помеху.

Показатель эффективности РЭС при воздействии помех. Эффективность РЭС для каждого вида помехи оценивается частным показателем эффективности, а при воздействии всех возможных помех – средним показателем эффективности.

Для адаптивной системы, в которой состояние РЭС меняется в зависимости от действующей на его входе помехи (её параметров) так, что помехе S_i с вероятностью создания P_i соответствует состояние (система защиты) A_j , при котором частный показатель W_{ij} принимает максимальное значение, средний показатель эффективности \bar{W} равен [1]:

$$\bar{W} = \sum_{i=0}^N P_i [Q_{j_0} \max_{i \in M} W_{ij}] + \sum_{\substack{j=0 \\ j \neq j^*}}^M Q_j W_{ij}, \quad (1)$$

где Q_{j_0} – вероятность того, что РЭС примет состояние A_{j_0} , имеющее максимальное значение частного показателя эффективности W_{ij} при помехе S_i (считается что состояние A_{j_0} имеется только одно).

Рассмотрим факторы, определяющие значения выражения (1).

Вероятность P_i наличия на входе помехи S_i определяется вероятностью того, что её мощность P_M на входе оконечного устройства приемника будет превышать пороговое значение $P_M > P_{пор}$, что потребует включения соответствующего средства защиты.

Мощность мешающего сигнала P_M для случая распространения радиоволн в свободном пространстве равна:

$$P_M = \frac{P_{\sum M} G_M F_M^2(\alpha_c, \theta_c) \lambda^2 G F^2(\alpha_M, \theta_M) \gamma K_v K^2(\Delta\omega)}{(4\pi D)^2} 10^{-\sigma D/10}, \quad (2)$$

где: $P_{\sum M}$ – излучаемая мощность мешающего сигнала;

$G_M, G, F_M(\alpha, \theta), F(\alpha, \theta)$ – коэффициент направленного действия и нормированные диаграммы направленности мешающего РЭС и приемной антенны соответственно;

α_c, θ_c и α_M, θ_M – углы в горизонтальной и вертикальной плоскостях в направлении на приемник и мешающее РЭС соответственно;

$K_v \approx \Delta\omega_i / \Delta\omega_M$ – коэффициент рассогласования спектра мешающего сигнала $\Delta\omega_M$ с частотной характеристикой приемного канала $\Delta\omega_i$;

λ – длина волны;

γ – коэффициент поляризационных потерь, учитывающий различие параметров поляризации мешающего сигнала и приемной антенны.

$K_{oc}(D) = 10^{-\sigma D/10}$ – множитель, учитывающий ослабление волн в атмосфере.

Таким образом, в соответствии с (2) вероятность P_i появления помехи S_i , имеющей $P_M > P_{nop}$, можно представить как [2]

$$P_i = P_{io} P_{ic} P_{in},$$

где: P_{io} – вероятность того, что расстояние D между приемной станцией и источником помех удовлетворяет необходимым (по энергетике) условиям подавления, т.е. находятся в допустимых пределах;

P_{ic} – вероятность совпадения спектра частот помехи с характеристиками каналов усиления и селекции приемника;

P_{in} – вероятность такой пространственной ориентации антенны источника помех и приемника, при которых $P_{\sum M} G_M F_M^2(\alpha_c, \theta_c) G F^2(\alpha_M, \theta_M)$ не ниже допустимого уровня для подавления.

При условии, что $P_{Mi} > P_{nop}$ и значение P_i требует организации защиты от помехи S_i , рассмотрим частную задачу обеспечения помехоустойчивости, если помеха наряду с полезным сигналом поступает в приемную систему, а ее источник находится под углом по направлению к источнику полезного сигнала.

В качестве меры защиты от такой пространственно распределенной помехи примем метод пространственной селекции как универсальный от помех любого вида.

При использовании компенсационного метода как одного из способов реализации пространственной селекции приемная система включает основную и компенсационную антенны A_o и A_k (Рис. 1) [3].

В каждом из каналов возможна регулировка комплексных коэффициентов передачи \dot{K}_0 и \dot{K}_k по амплитуде и фазе (в общем случае возможно изменение и пространственной ориентации антенн). Колебания, прошедшие через соответствующие каналы, поступают на вычитающее устройство. Если угловые координаты источника помех θ_{II} и полезного сигнала θ_c различны, то можно добиться образования провала в результирующей характеристики в направлении на источник помех соответствующим выбором диаграмм направленности антенн и их ориентаций в пространстве, а также регулировкой \dot{K}_0 и \dot{K}_k .

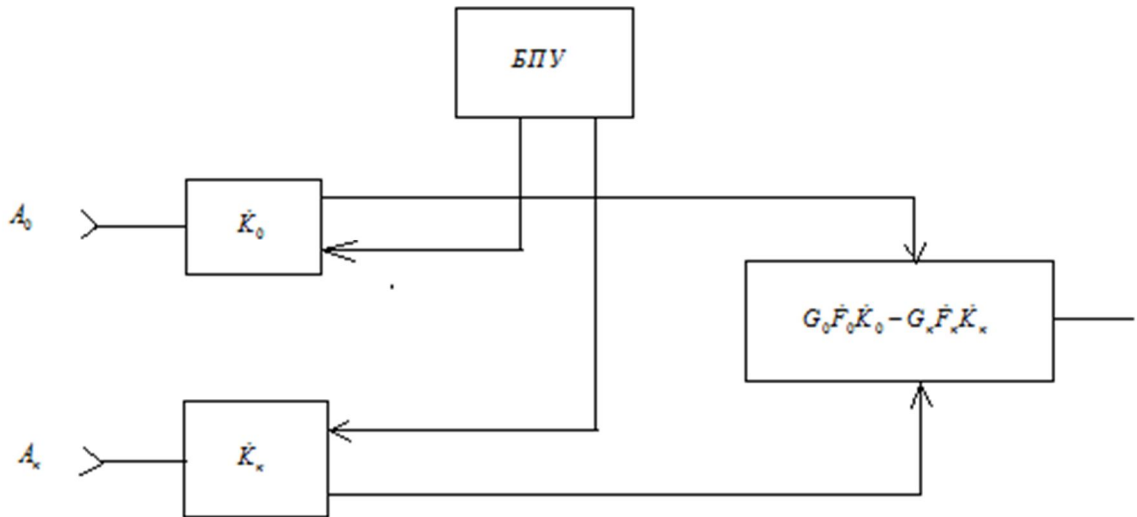


Рис.1. Структурная схема, реализующая принцип компенсации

Компенсация помех достигается следующими условиями:

$$\begin{aligned} G_0 \dot{F}_0(\theta_{\Pi}) \dot{K}_0 - G_k \dot{F}_k(\theta_{\Pi}) \dot{K}_k &= 0 \\ G_0 \dot{F}_0(\theta_c) \dot{K}_0 - G_k \dot{F}_k(\theta_c) \dot{K}_k &\neq 0 \end{aligned} \quad (3)$$

Компенсационный метод требует знания θ_c и θ_{Π} . Если θ_c как правило известен, то θ_{Π} можно определить следующим способом.

Считается, что на приемной стороне есть возможность определить угловые координаты эквивалентного центра излучения от двух разнесенных по углу источников: сигнала и помехи (с помощью, например, различных пеленгаторов). Ошибка определения этого центра относительно геометрического центра источников, совпадающего с энергетическим центром для некогерентных источников, равна [4]:

$$\Delta\theta_{ош} = \frac{\Delta\theta_p}{2} \frac{1-\beta^2}{1+\beta^2},$$

где: $\Delta\theta_{ош}$ – угловой разнос источников;

$$\beta^2 = \frac{P_c}{P_{\Pi}}; P_c \text{ и } P_{\Pi} \text{ – мощности сигналов на входе приемника.}$$

Для случая $P_{\Pi} > P_c$ и $\beta^2 < 1$ угловые положения источников, эквивалентного центра излучения и его угловая ошибка относительно геометрического центра показана на Рис. 2, где $\theta_{эцил}$ – эквивалентного центра излучения; $\Delta\theta_{ош}$ – угловая ошибка эквивалентного

центра излучения; $\frac{\Delta\theta_p}{2}$ – разнос источников относительно геометрического центра излучения.

Из приведенных угловых положений можно записать следующее соотношение между углами:

$$\theta_{эцил} - \theta_c = \frac{\Delta\theta_p}{2} + \Delta\theta_{ош} = \frac{\Delta\theta_p}{2} + \frac{\Delta\theta_p}{2} \frac{1-\beta^2}{1+\beta^2} = \frac{\Delta\theta_p}{2} \frac{2}{1+\beta^2} = \frac{\Delta\theta_p}{2} \frac{2}{1+\frac{P_c}{P_{\Pi}}}$$

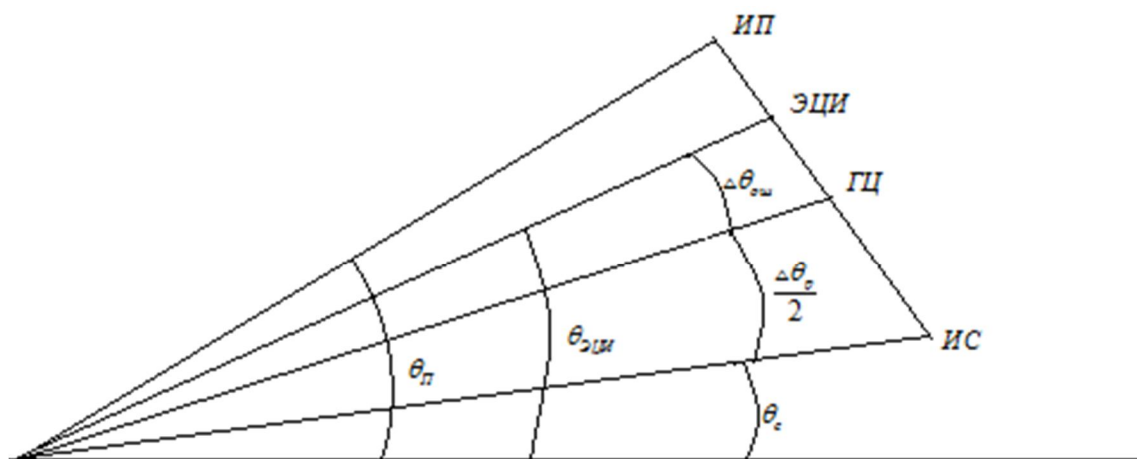


Рис. 2. Угловые положения θ_{Π} и θ_c – источников помехи и сигнала

При известных $\theta_{\text{ЭЦИ}}, \theta_c$, вычисления P_c и P_{Π} на входе приемной системы определяется $\Delta\theta_p$, а значит и $\theta_{\Pi} = \theta_c + \Delta\theta_p$.

Обеспечение условий компенсации, определяемые выражениями (3) и зависимость нулевой зоны приема в направлении на источник помех при его угловом перемещении от параметров антенн и коэффициентов усиления для амплитудного компенсатора рассмотрим при следующих исходных данных (Рис. 3).

1. Нормированные диаграммы направленности основной $F_0(\theta)$ и компенсационной $F_k(\theta)$ антенн одинаковы и аппроксимируются функцией $F(\theta) = e^{-1,4 \left(\frac{\theta}{\theta_{0,5}}\right)^2}$, где $\theta_{0,5}$ – ширина ДН по половинной мощности, равная 60° .

2. За начальные положения нулевой зоны приема (угла на источник помехи) примем равносигнальное направление (РСН) при равенстве параметров каналов приема. Угловое смещение максимумов ДН относительно РСН $\theta_0 = 30^\circ$.

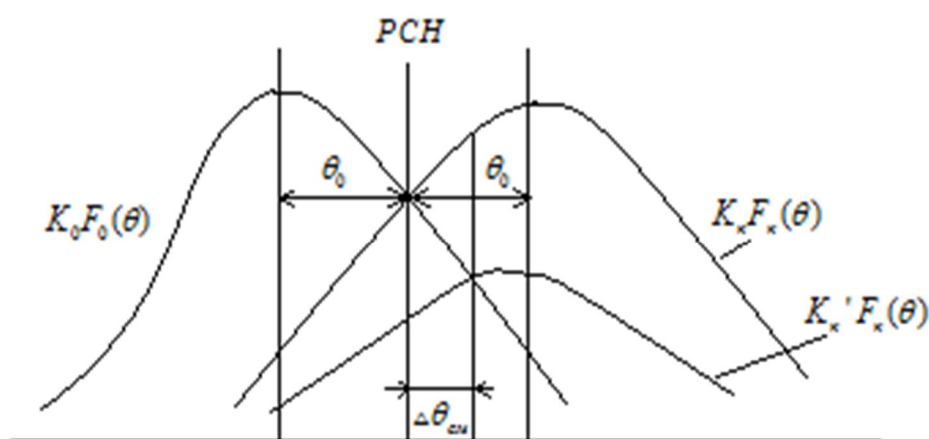


Рис. 3. Обобщенные ДН основной к компенсационной антенн

При смещении углового положения источника помех положение нулевой зоны приема для компенсации помехи определяется из равенства

$$G_0 F_0(\theta_0 + \Delta\theta_{\text{см}}) K_0 = G_k F_k(\theta_0 - \Delta\theta_{\text{см}}) K_k .$$

При $G_0 = G_k$ и учитывая их значения в K_0 и K_k , имеем:

$$\frac{K_k}{K_0} = \frac{F(\theta_0 + \Delta\theta_{см})}{F(\theta_0 - \Delta\theta_{см})}.$$

Таким образом, регулируя (в нашем случае уменьшая) значение K_k (коэффициент усиления основного канала оставляем постоянным для приема по нему сигнала), обеспечивает необходимое слежение зоны компенсации при уменьшении углового положения источника помех. На Рис. 1 указанную операцию осуществляет блок программного управления (БПУ), на который поступает информация о текущих координатах помехи.

На Рис. 4 показана зависимость углового смещения $\Delta\theta_{см}^0$ от отношения $\frac{K_k}{K_0}$.

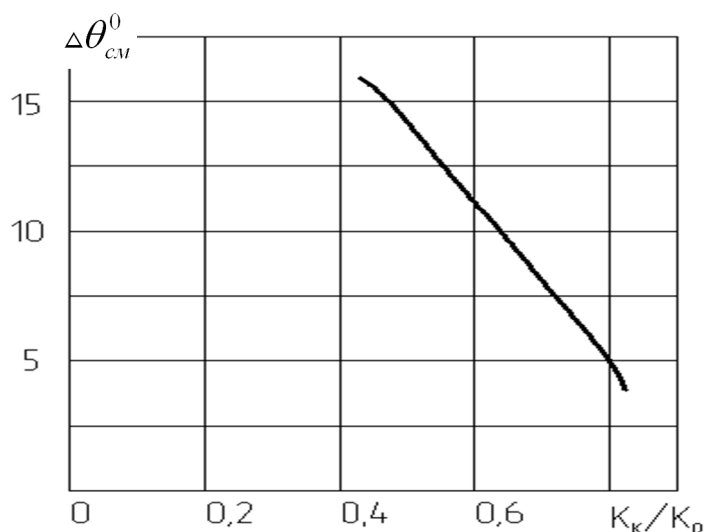


Рис. 4. Зависимость углового смещения $\Delta\theta_{см}^0$ от отношения K_k/K_0 .

При расширении диапазона углов изменения положения источника помехи может быть предложен вариант скользящей по углу узкой ДН компенсационной антенны по более широкой ДН антенны основного канала.

Литература

1. Комиссаров Ю. А. Помехоустойчивость и электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств / Ю. А. Комиссаров, Родионов С. С. – Київ : Техніка, 1978. – 208 с.
2. Борисов В. Н. Помехозащищенность системы радиосвязи / В. Н. Борисов, В. М. Зинчук. – Москва : Радио и Связь, 1999. – 252 с.
3. Лазуткин Б. А. Радіотехнічні пристрої з компенсацією завад / Б. А. Лазуткин. – Київ : Техніка, 1972. – 116с.
4. Василевич Л. Ф. Радиоэлектронное подавление / Л. Ф. Василевич. – Київ: КВВАІУ, 1989. – 238 с.

Дата надходження в редакцію: 3.12.2014 р.

Рецензент: д.т.н., проф. А. І. Семенко