

12. Гайворонская Г.С. Дослідження впливу помилок прогнозу вихідних даних на процес планування мереж доступу / Г.С. Гайворонська, С.В. Сахарова // Збірник наукових праць ВІТІ НТУУ «КПІ». – 2010. – № 2. – С. 23-29.
13. Гайворонська Г.С. Метод определения местоположения узлов при использовании прямоугольной модели сети доступа / Г. С. Гайворонская, С.В. Сахарова // Холодильна техніка і технологія. – 2011. – №1 (129). – С. 73-76.
14. Гайворонська Г.С. Особенности определения местоположения узлов доступа при использовании радиальной модели обслуживаемой территории / Г.С. Гайворонская, С.В. Сахарова // Наукові праці Донецького національного технічного університету. – 2011. – №21(183). – С. 82-86.
15. Гайворонська Г.С. Метод учета тяготения при создании сетей доступа / Г.С. Гайворонська, А.А. Крыжановская // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2012. – №2/9 (56). – С. 51-52.
16. Величко В.Ю. Анализ возможности использования модели балансных сетей при проектировании сетей доступа / В.Ю. Величко, А.А. Бондаренко / International Journal «Information Theories and Knowledge». – Sofia: ITNEA, 2012. – № 2 (Volume 6). – P. 126-130.
17. Гайворонська Г.С. Определение качества обслуживания на сетях доступа к мультисервисным сетям / Г.С. Гайворонская, С.В. Сахарова, А.А. Крыжановская // Збірник наукових праць ДонІЗТ. – Донецьк 2012. Вип. 29.– С. 68-72.
18. Galyna Gayvoronska. Method for Determination of Interrelation between Access Network Characteristics / Galyna Gayvoronska, Svitlana Sakharova // Problems of Computer Intellectualization – Kyiv-Sofia: National Academy of Sciences of Ukraine V.M. Glushkov Institute of Cybernetics, ITNEA. –2012. – № 28. – P. 41-46.
19. Гайворонская Г.С. Программная реализация проектируемой ортогональной сети доступа / Г.С. Гайворонская, С.В. Сахарова, А.А. Бондаренко // Комп'ютерні засоби, мережі та системи, № 11. – 2012. – С. 143-150.

УДК 621.39:004.416.3:93.1

**Родионов С.С.**, к.т.н. (Государст. унив-т информационно-коммуникационных технологий)

### **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ РАДИОСВЯЗИ ПРИ ЗАПАЗДЫВАНИИ В РАСПОЗНАВАНИИ КЛАССА ПОМЕХ**

**Родионов С.С. Оцінка ефективності адаптивної системи радіозв'язку при запізнюванні в розпізнаванні класу завад.** Розглядається адаптивний принцип захисту радіоелектронних засобів в умовах змінної помехової обстановки, який полягає в розпізнаванні діючих на засіб завад і переведенні засобу в стан, при якому забезпечується його ефективна робота. При використанні в якості признаков розпізнавання статистичних характеристик сигналу виникає затримка в ухваленні рішення. Дається оцінка цієї затримки для ймовірності розпізнавання і значення виокремленого показника ефективності системи.

**Ключові слова:** ЕЛЕКТРОМАГНІТНА ОБСТАНОВКА, ЕЛЕКТРОМАГНІТНА СУМІСНІСТЬ, ПОКАЗНИК ЕФЕКТИВНОСТІ, КОРЕЛЯЦІЙНА ФУНКЦІЯ

**Родионов С.С. Оценка эффективности адаптивной системы радиосвязи при запаздывании в распознавании класса помех.** Рассматривается адаптивный принцип защиты радиоэлектронных средств в условиях меняющейся помеховой обстановки, который состоит в распознавании воздействующей на средство помехи и переводе средства в состояние, при котором обеспечивается его эффективная работа. При использовании в качестве признаков распознавания статистических характеристик сигнала возникает задержка в принятии решения. Дается оценка этой задержки для вероятности распознавания и значения частного показателя эффективности системы.

**Ключевые слова:** ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ОБСТАНОВКА, ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ, ПОКАЗАТЕЛЬ ЭФФЕКТИВНОСТИ, КОРЕЛЯЦИОННАЯ ФУНКЦИЯ

**Rodionov S.S. Estimation of efficiency of the radio adaptive system at a delay in recognition of interference class.** Adaptive principle of the radio electron devices defence in the conditions of variations of interference conditions is examined, which consists of recognition of impacting interference transferring of the device in the state, which its effective work is provided. At the use as the signs of recognition of statistical descriptions of signal there is the delay in

the decision-making. Estimation of this delay for probability is given recognitions and values of private index of efficiency of the system.

**Keywords:** ELECTROMAGNETIC ENVIRONMENT, ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY, EFFICIENCY INDICATOR, CORRELATION FUNCTION

Электромагнитная обстановка (ЭМО) для работающих в группировке радиоэлектронных средств (РЭС) в общем случае характеризуется случайным изменением частотных, временных, пространственных и иных параметров мешающих сигналов на входе этих средств. Обеспечение нормального функционирования РЭС в этих условиях (обеспечение электромагнитной совместимости (ЭМС) средств) достигается использованием адаптивных принципов защиты от мешающих воздействий (помех). Применение этого принципа предусматривает распознавание помехи и соответствующее изменение параметров средства, алгоритма обработки совокупного входного сигнала, включение блоков защиты и т.д. для сохранения эффективности работы РЭС.

Указанная организация защиты от мешающих сигналов устраняет недостаток, связанный с использованием “жестких”, т.е. постоянно включенных средств защиты. Средство, эффективное для защиты от определенного вида помехи, часто оказывается неэффективным при другом виде и может быть даже дополнительным каналом помехоустойчивости.

Целесообразность использования адаптивных принципов защиты определяется динамикой изменения помеховой обстановки, возможностью оценить (распознать) конкретный вид помехи в данный момент времени, найти и реализовать эффективную защиту от этой помехи.

Решение вопроса целесообразности проведем, с одной стороны, для различных классов помех  $S_0, S_1, \dots$  ( $S_0$  – отсутствие помехи) и вероятностях их появления  $P_0, P_1, \dots$ , с другой при различных состояниях РЭС  $A_0, A_1, \dots, A_j, \dots$ , и вероятностях принятия средством состояния  $Q_0, Q_1, \dots, Q_j, \dots$ . Обозначая через  $W_{ij}$  частный показатель эффективности средства при помехе  $S_i$  и состоянии  $A_j$ , имеем для среднего показателя  $W$  следующие значения:

$$a) \text{ РЭС имеет неизменное состояние } A_{j_0}: \quad \bar{W}_{j_0} = \sum_{i=0}^N P_i W_{ij_0}, \quad \sum_{i=0}^N P_i = 1. \quad (1)$$

б) Состояние РЭС *меняется* в зависимости от действующей на его входе помехи так, что помехе  $S_i$  соответствует состояние  $A_j$ , при котором  $W_{ij}$  имеет максимальное значение:

$$\bar{W} = \sum_{i=0}^N P_i \left[ \left( Q_{j^*} \max_{j \in M} W_{ij} \right) + \sum_{\substack{j=0 \\ j \neq j^*}}^M Q_j W_{ij} \right], \quad Q_{j^*} + \sum_{\substack{j=0 \\ j \neq j^*}}^M Q_j = 1, \quad (2)$$

где  $Q_{j^*}$  – вероятность правильного распознавания помехи  $S_i$  и перевода системы в состояние  $A_{j^*}$ , при котором обеспечивается максимальное значение  $W_{ij}$  (считается, что состояние  $A_{j^*}$  имеется только одно).

В соответствии с (1) и (2) имеем следующее условие использования адаптивного принципа помехозащиты:

$$\sum_{i=0}^N P_i \left[ \left( Q_{j^*} \max_{j \in M} W_{ij} \right) + \sum_{\substack{j=0 \\ j \neq j^*}}^M Q_j W_{ij} \right] \geq \bar{W}_{\text{аіі}} > \sum_{i=0}^N P_i W_{ij_0}.$$

В случае, если на распознавание помехи с необходимым значением вероятности правильного распознавания затрачивается определенное время  $\Delta$ , что имеет место, в частности, при использовании в качестве признаков статистических характеристик сигналов, выражение для среднего показателя имеет вид:

$$\bar{W} = \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^M P_i(t_i, t_{i+1}) [Q_{j-1}(t_i, t_i + \Delta) W_{i,j-1} + Q_j(t_i + \Delta, t_{i+1}) W_{ij}],$$

где:  $P_i(t_i, t_{i+1})$  – вероятность появления помехи класса  $S_i$  в интервале времени  $t_i, t_{i+1}$ ;  
 $Q_{j-1}(t_i, t_i + \Delta)$  – вероятность того, что система находится в состоянии  $A_{j-1}$  при помехе  $S_i$  с показателем эффективности  $W_{i,j-1}$  в течение времени  $t_i, t_i + \Delta$ ;  
 $Q_i(t_i + \Delta, t_{i+1})$  – вероятность принятия системой состояния  $A_j$  при помехе  $S_j$  с максимальным показателем  $W_{ij}$  с учетом запаздывания в распознавании  $\Delta$ .

Дадим оценку влияния времени запаздывания  $\Delta$  на вероятность распознавания  $Q_j$  (принятия системой состояния  $A_j$  при наличии помехи  $S_j$ ). При известных описаниях классов помех (условных плотностях распределения вероятностей  $f(x)$  значениях признака  $x$ ) вероятность правильного распознавания  $Q_j$  помехи  $S_j$  определяется как

$$Q_j = \int_{x_{i-1}}^{x_{i+1}} f_i(x) dx, \quad (3)$$

где  $x_{i-1}$  – пороги принятия решений о наличии помехи  $S_i$  по отношению к соседним классам помех  $S_{i-1}$  и  $S_{i+1}$ .

Для нормальных законов распределения вероятностей признака  $x$  в соответствии с критерием минимального риска пороговые значения равны [3]:

$$x_{i+1} = \frac{\sigma_{i+1}^2 m_i - \sigma_i^2 m_{i+1} \pm \sigma_i \sigma_{i+1} \sqrt{(m_{i+1} - m_i)^2 + (\sigma_{i+1}^2 - \sigma_i^2) \ln \lambda_{ii+1} \frac{\sigma_{i+1}^2}{\sigma_i^2}}}{\sigma_{i+1}^2 - \sigma_i^2}, \quad (4)$$

где:  $m, \sigma$  – математические ожидания и СКО соответствующих классов помех;

$\lambda_{ii+1} = \frac{P_i}{P_{i+1}}$  – пороговое значение коэффициента правдоподобия (при равных потерях и минимальном среднем риске).

По аналогичному выражению определяется порог  $x_{i-1}$ .

Используя в качестве наиболее информативных признаков для распознавания параметры корреляционной функции случайного стационарного процесса  $\xi(t)$ , имеем:

а) несмещенную оценку математического ожидания корреляционной функции

$$M \{K_{\downarrow} \xi(\tau)\} = m_{\downarrow} k = K_{\downarrow} \xi(\tau) \quad (5)$$

б) дисперсию оценки

$$D \{K_{\xi}(\tau)\} = \sigma_{\xi}^2 = \frac{2}{T^2} \int_0^T (T - \lambda) [K_{\xi}^2(\lambda) + K_{\xi}(\lambda + \tau) K_{\xi}(\lambda - \tau)] d\lambda, \quad (6)$$

где  $T$  – длительность наблюдаемой реализации.

Для нормированной корреляционной функции вида  $\rho_{\xi}(\tau) = e^{-\alpha|\tau|} \cos \beta\tau$  получаем в соответствии с (6):

$$\sigma_K^2 = \frac{4\sigma_{\xi}^4}{T} \frac{2e^{-2\alpha T} \cos \beta T (\mu \sin \beta T - \cos \beta T) - \mu^2 e^{-2\alpha T} + 2 + \mu^2}{4\alpha(\mu^2 + 1)}, \quad \text{где } \mu = \frac{\beta}{\alpha}.$$

При  $\mu = 0$   $\sigma_K^2 = \frac{2\sigma_{\xi}^4}{T} (1 - e^{-2\alpha T})$ .

Для используемого в качестве признака распознавания параметра  $\alpha$  имеем для него следующую оценку дисперсии:

$$\sigma_{\alpha}^2 = \frac{2\sigma_{\xi}^4}{\alpha\tau^2 T} (1 - e^{-2\alpha T}). \quad (7)$$

С учетом (4), (5), (7) определяется функциональная зависимость  $Q_j(T)$  в соответствии с (3). Анализ этой зависимости показывает, что с увеличением времени наблюдения  $T$  за случайными процессами вероятность правильного распознавания растет за счет уменьшения ошибок первого и второго рода.

Влияние задержки  $T$  в распознавании помехи  $S_i$  действующей в интервале  $t_i, t_{i+1}$ , на частный показатель эффективности  $W_{ij}$  определяется следующим образом.

$$W_{ij}(T) = \frac{W_{i,j-1}T + W_{ij}(t_i, t_{i+1} - T)}{t_i, t_{i+1}} = W_{ij} - \frac{(W_{ij} - W_{i,j-1})T}{t_i, t_{i+1}} = W_{ij} \left[ 1 - \frac{[(W]_{ij} - W_{i,j-1})T}{W_{ij} t_i, t_{i+1}} \right] =$$

Зависимости позволяют определить оптимальное значение  $T$ , при котором достигается максимум  $\bar{W}$ , решением уравнения

$$\frac{\partial \bar{W}}{\partial T} = \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^M P_i \left[ \frac{\partial Q_j(T)}{\partial T} W_{ij}(T) + \frac{\partial W_{ij}(T)}{\partial T} Q_j(T) \right] = 0$$

**В заключение** отметим, что задержка как в распознавании полезного, так и помеховых сигналов имеет место не только при оценке статистических характеристик, но и при использовании в качестве признаков различных временных характеристик сигналов, применении принципов накопления и т.д.

### Литература

1. Комиссаров Ю.А. Помехоустойчивость и электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств / Ю.А. Комиссаров, С.С. Родионов. – К.: Техніка, 1978. – 208 с.
2. Родионов С.С. Идентификация возмущающих воздействий на входе приемного устройства / С.С. Родионов, В.А. Удовикин. – К.: Знание. 1979, – 35 с.
3. Горелик А.Л. Методы распознавания / А.Л. Горелик, В.А. Скрипкин. – М.: Высшая школа, 1977. – 222 с.

УДК 621.395.74

**Ненов А. Л.**, асп. (Одесская национальная академия пищевых технологий)

### ОЦЕНКА СТРУКТУРНОЙ НАДЕЖНОСТИ СЕТИ СВЯЗИ НА ОСНОВЕ УЧЕТА ЕЁ СТРУКТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

**Ненов О.Л. Оцінка структурної надійності мережі зв'язку на основі урахування її структурних характеристик.** У статті показана можливість застосування методу оцінки структурної надійності мережі, заснованого на урахуванні базових структурних характеристик мережі, для розрахунку структурної надійності мережі фіксованої структури. Виконана оцінка точності методу урахування структурних характеристик.

**Ключові слова:** ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНА МЕРЕЖА, НАДІЙНІСТЬ, СТРУКТУРА, ЗВ'ЯЗНИЙ ГРАФ

**Ненов А.Л. Оценка структурной надежности сети связи на основе учета её структурных характеристик.** В статье показана возможность применения метода оценки структурной надежности сети, основанного на учете базовых структурных характеристик сети, для расчета структурной надежности сети фиксированной структуры. На основе выполненного расчета сети радиорелейной связи выполнена оценка точности метода учета структурных характеристик.

**Ключевые слова:** ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННАЯ СЕТЬ, НАДЕЖНОСТЬ, СТРУКТУРА, СВЯЗНОЙ ГРАФ

**Nenov O.L. An assessment of the structural reliability of the communication network on the basis of its structural characteristics.** The applicability of the network structural reliability evaluation method based on the taking into account of basic structural characteristics of the network to calculate the structural reliability of the fixed structure network is showed in this paper. The assessment of accuracy of the method accounting structural characteristics is performed on the basis of microwave transmission network's calculation.

**Ключевые слова:** TELECOMMUNICATION NETWORK, RELIABILITY, STRUCTURE, LIAISON GRAPH

**Постановка проблемы в общем виде.** Задачи анализа структурной надежности вновь и вновь возникают в работе исследователей, инженеров-проектировщиков и эксплуатационников сетей связи. Это обусловлено