

– С. 71–79.

2. Кудинов В.А., Пархуць Л.Т., Хорошко В.А. Оптимизация структуры информационной сети. // Наукowo-технічний журнал "Захист інформації". –2004, №3, – С. 44–49.
3. Кудинов В.А., Пархуць Л.Т., Плус Д.В., Хорошко В.А. Оценка эффективности алгоритмов коммутации пакетов сообщений в защищенной информационной сети. // Наукowo-технічний журнал "Захист інформації". Спеціальний випуск. – 2004. С.35-39.
4. Кудинов В.А., Пархуць Л.Т., Хорошко В.А. Методика системного проектирования корпоративных сетей. // Вісник ДУІКТ №3-4, Т.3, – 2005, С.184-187.
5. Капустян М.В., Кудінов В.А., Пархуць Л.Т., Хорошко В.О. Кількісна оптимізація інформаційних структур корпоративних мереж. // Комп'ютерні технології друкарства. Збірник наукових праць. №16, – 2006, С.24-33.
6. Капустян М.В., Кудинов В.А., Пархуць Л.Т., Хорошко В.А. Качественная оптимизация информационных структур корпоративных сетей. // Вісник ДУІКТ т.5 №3, 2007, с.290-299.

УДК 681.3. 06

В.В. Козловский, В.А. Хорошко

### **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ МНОГОРЕЗОНАНСНОСТИ РАСПРЕДЕЛЁННОГО ФИЛЬТРА НА ВЕРОЯТНОСТЬ ЛОЖНОГО ПРИЕМА ИНФОРМАЦИИ**

В настоящее время в пассивных информационных системах, принимающих информацию в СВЧ диапазоне, широко используются распределённые фильтры, построенные на основе различных распределённых элементов (линии передачи, различные волноводные структуры [1, 2]). Из-за волновых процессов, происходящих в распределённых элементах, все фильтрующие устройства являются многорезонансными. При этом паразитные резонансы являются причиной существования дополнительных (паразитных) каналов приёма, по которым поступают помеховые сигналы, снижающие достоверность принимаемой информации.

**Целью статьи** является определение влияния первого паразитного резонанса распределённого фильтра на вероятность ложного или ошибочного приёма информации пассивной системой.

Из анализа информационных систем различного назначения [3 - 10] (радиолокационных, связных, навигационных, радиотехнической разведки, активных систем защиты информации) следует, что типичную информационную систему СВЧ диапазона можно представить в виде многоканального фильтра, оконечное устройство которого может быть представлено решающим устройством, которое автоматически обеспечивает обработку информации и её сортировку по степени угрозы. Оконечное устройство выдаёт либо отрицательные, либо положительные ответы о работе того или иного типа мешающего средства.

Будем считать, что фильтрующая система пропускает сигналы с рабочей частотой  $\omega_0$  и помехи, сосредоточенные в диапазоне  $\Delta\omega = \omega_g - \omega_n$ , где  $\omega_g$ ,  $\omega_n$  - соответственно верхняя и нижняя границы частотного диапазона, загруженного помехами. Кроме того полагаем, что сигнал поступает по рабочему каналу, а помехи по паразитным каналам приёма.

В результате действия помех возможны ситуации, когда выдаётся решение «1», хотя радиоэлектронное средство (РЭС) с несущей частотой  $\omega_0$  в действительности не излучает, и решение «0», когда на самом деле работает РЭС.

Пусть помимо принимаемого сигнала  $U(t)$  действует помеха  $U_n(t)$  с нормальным законом распределения, имеющим среднеквадратическое отклонение  $\sigma_n$  и нулевое среднее значение. В целях упрощения будем считать, что принимаемый сигнал  $U(t)$  является амплитудно-модулированным. То есть он принимает значение  $U(t) = d$ , если передаётся «1» и равен нулю, если передаётся «0». Если входное напряжение больше наперёд заданного значения  $x_0$ , называемого порогом регистрации, то решающее устройство выдаёт решение «принята 1», в противном случае – решение «принят 0».

На рис. 1 изображены плотности распределения вероятностей помехи  $f_0(U_n)$  и суммы сигнала и помехи  $f_d(U_n)$ .

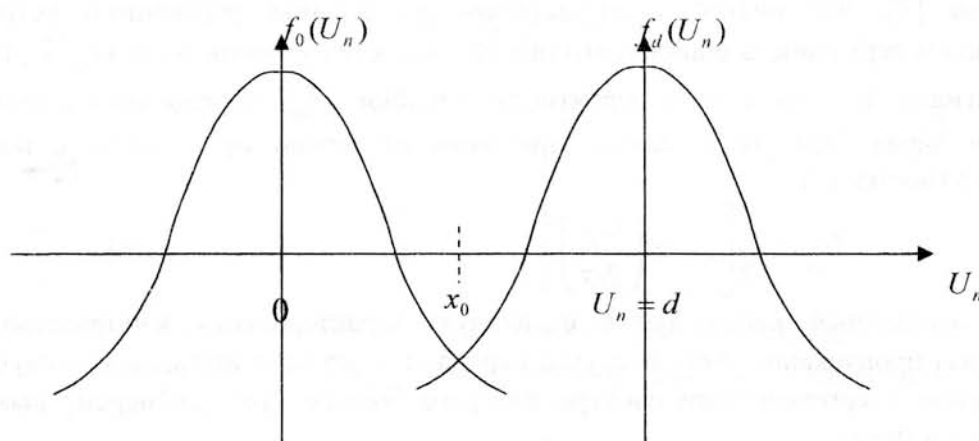


Рис. 1. Плотности распределения вероятностей помехи  $f_0(U_n)$  и суммы сигнала и помехи  $f_d(U_n)$

В соответствии с [7, 8] назовём ошибкой первого рода выдачу решения «принята 1», хотя на самом деле был передан «0». Аналогично ошибкой второго рода назовём выдачу приёмным устройством решения «принят 0», хотя на самом деле была передана «1». Условная вероятность ошибки первого рода (вероятность ложной тревоги) будет равна вероятности того, что амплитуда помехи окажется больше, чем порог регистрации решающего устройства, то есть

$$P(1/0) = P\{U_n > x_0\} = \int_{x_0}^{\infty} f_0(U_n) dU_n. \quad (1)$$

Условная вероятность ошибки второго рода будет равна вероятности того, что сумма сигнала и помехи окажется меньше порога срабатывания (вероятность пропуска информационного сигнала)

$$P(0/1) = P\{U_{\Sigma} < x_0\} = \int_0^{x_0} f_d(U_n) dU_n. \quad (2)$$

Так как  $f_d(U_n) = f_0(U_n - d)$ , то формулу (2) можно представить в виде

$$P(0/1) = \int_{-\infty}^{x_0-d} f_0(U_n) dU_n. \quad (3)$$

Обозначим априорную вероятность передачи единицы через  $P(1)$ , а априорную вероятность передачи нуля через  $P(0)$ . Тогда полную вероятность ошибочного приёма можно определить из выражения [7]

$$P_{\text{ош}} = P(1)P(0/1) + P(0)P(1/0). \quad (4)$$

В теории оптимального приёма [7] показано, что в случае равновероятного появления символов ( $P(1) = P(0) = 0,5$ ) вероятность ошибочного приёма (8) можно представить в виде

$$P_{\text{ош}} = \frac{1}{2} \left[ 1 - \int_{x_0-d}^{x_0} f_0(U_n) dU_n \right]. \quad (5)$$

Известно [7], что оптимальным порогом регистрации решающего устройства, минимизирующим вероятность ошибочного приёма, является уровень  $x_0 = U_c/2$ , где  $U_c$  - амплитуда сигнала. В этом случае вероятность ошибки  $P_{\text{ош}}$  обусловлена помеховыми воздействиями через паразитный канал. При этом её можно представить с помощью интеграла вероятностей [7]

$$P_{\text{ош}} = \frac{1}{2} \left[ 1 - \Phi \left( \frac{U_c}{2\sigma} \right) \right]. \quad (6)$$

Пусть паразитный канал имеет идеальную характеристику избирательности с шириной полосы пропускания  $\Delta\omega$ . В случае передачи через него нормального случайного процесса, ширина энергетического спектра которого больше  $\Delta\omega$ , дисперсия выходного воздействия будет равна

$$\sigma^2 = \frac{1}{\pi} \int_{\omega_n}^{\omega_s} K_0^2 W_0 d\omega = \frac{K_0^2 W_0}{\pi} (\omega_s - \omega_n), \quad (7)$$

где  $K_0$  - модуль коэффициента передачи фильтра в полосе пропускания;  $W_0$  - спектральная плотность мощности (СПМ);  $\omega_s, \omega_n$  - верхняя и нижняя частоты среза полосы пропускания фильтра по первому паразитному каналу приёма.

Рассмотрим фильтр, который является узкополосным по рабочему каналу приёма и его защитная полоса простирается до центральной частоты первого паразитного канала приёма фильтра, равной  $\omega_2$ . Будем считать, что центральная частота рабочей полосы пропускания ППФ равна  $\omega_1$ . Кроме того, полагаем, что помеха действует вне рабочей полосы и её СПМ сосредоточена в диапазоне не превышающим верхнюю границу диапазона, загруженного посторонними излучениями  $\omega_s$ . Модель воздействия помехи по паразитному каналу приёма на пассивную радиолокационную станцию показана на рис. 2.



Рис. 2. Модель воздействия помехи по паразитному каналу приёма на пассивную информационную систему

С учётом рис. 2 выражение (7) можно представить в виде

$$\sigma^2 = \frac{K_0^2 W_0}{\pi} (\omega_c - \omega_n) = \sigma_0^2 (1 - \gamma),$$

$$\sigma_0^2 = \frac{K_0^2 W_0 \omega_c}{\pi}, \quad \gamma = \frac{\omega_n}{\omega_c} = \Delta \frac{\omega_1}{\omega_c}, \quad (8)$$

где  $\Delta = \frac{\omega_2}{\omega_1}$  - разнос частот фильтра.

Из анализа формулы (8) видно, что от положения центральной частоты первого паразитного канала приёма  $\omega_2$  будет зависеть дисперсия выходного воздействия и достоверность информации.

В теории больших систем [6, 7] критерием помехоустойчивости является полная вероятность ошибки  $P_{ош}$ . Для определения  $P_{ош}$

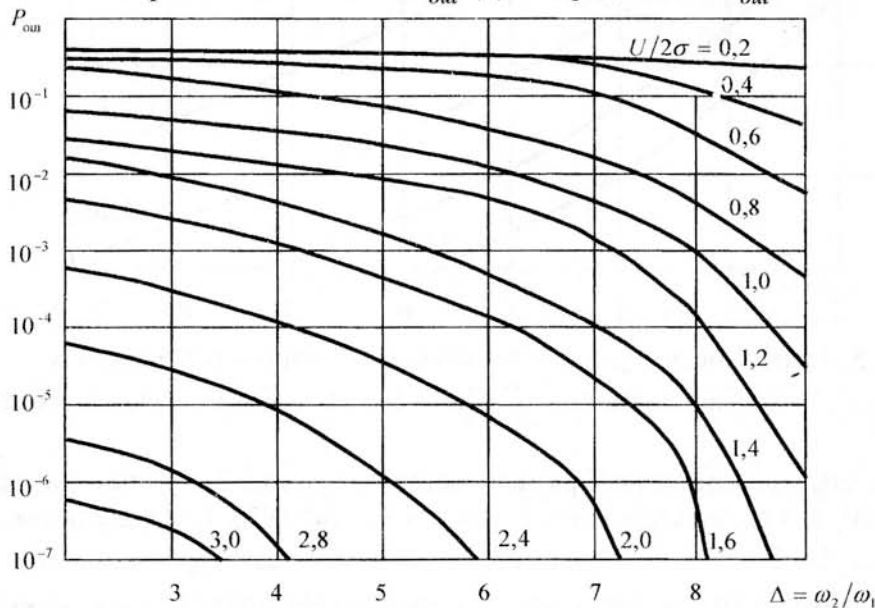


Рис. 3. Зависимость вероятности ошибки от разноса резонансных частот распределённого фильтра при  $\omega_1/\omega_c = 0,1$  и различных отношениях сигнал/шум

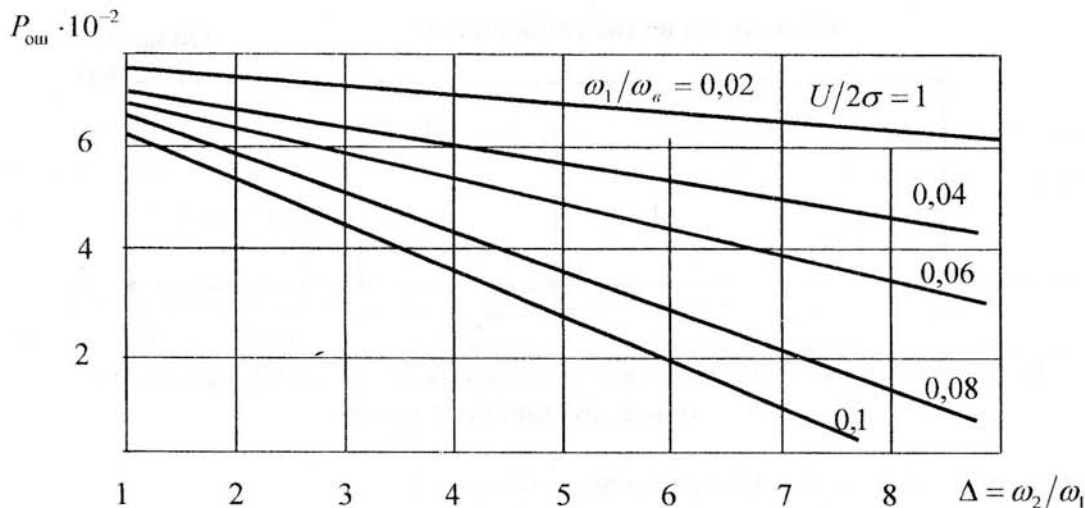


Рис. 4. Зависимость вероятности ошибки от разнoса резонансных частот распределённого фильтра при  $U/2\sigma = 1$  и различных отношениях  $\omega_1/\omega_с$

Необходимо с помощью формул (8) определить среднеквадратическое отклонение  $\sigma$ , а затем с помощью выражения (6) вычислить  $P_{ош}$ . На рис. 3 - 5 представлены зависимости вероятности ошибки от разнoса резонансных частот  $\Delta$  при различных отношениях сигнал/шум и различной области существования помех.

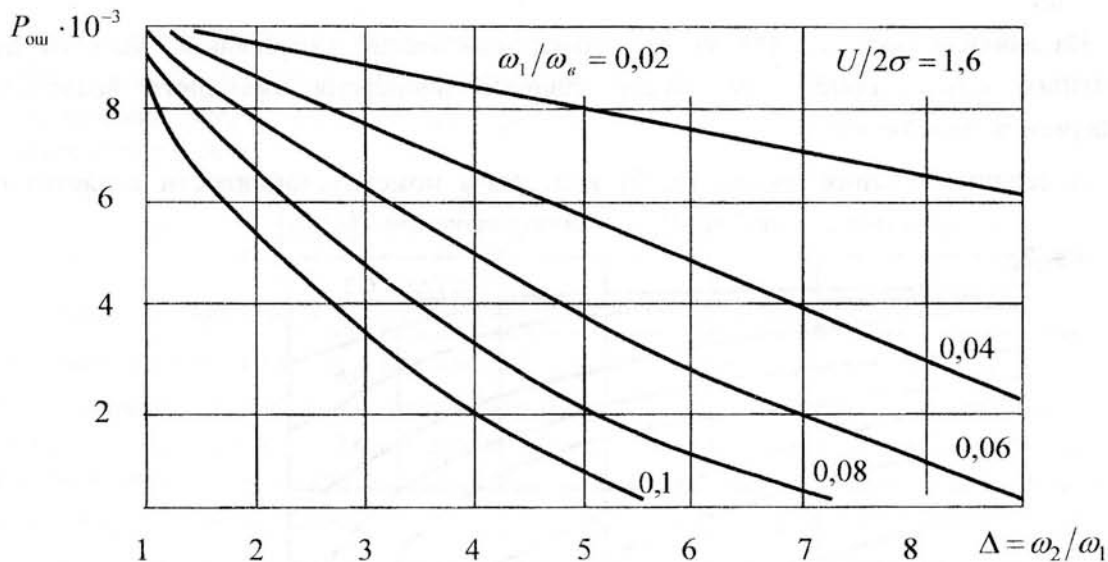


Рис. 5. Зависимость вероятности ошибки от разнoса резонансных частот распределённого фильтра при  $U/2\sigma = 1,6$  и различных отношениях  $\omega_1/\omega_с$

Для широко используемых фильтров СВЧ разнос частот составляет 2 (резонаторы включены как четырёхполосники) и 3 (резонаторы включены как шлейфы)[1]. Если электромагнитная обстановка такова, что  $U/2\sigma = 1$ , то вероятность ошибки  $P_{ош}$  при использовании таких фильтров составляет 0,056 и 0,045 соответственно. Из приведенных зависимостей рис. 3 - 5 следует, что применение фильтров с широкими полосами заграждения позволяет значительно уменьшить вероятность ошибочного приёма. Например, шлейфовые фильтры [11] с широкими полосами заграждения, в которых реализуется разнос резонансных частот  $\Delta = 7$ , позволяют уменьшить  $P_{ош}$  соответственно в 11,6 и 9,3 раза по сравнению с



фільтрами-аналогами на регулярних лініях передачі. При використанні фільтрів с різном резонансних частот  $\Delta > 10$  ймовірність помилки можна зменшити в сотні раз. Аналогічним образом можна урахувати вплив на ймовірність помилочного прийому резонансів вищого порядку. Слід мати на увазі, що з ростом порядку резонансу коефіцієнт передачі фільтра по паразитному каналу з-за обмеженої пропускної здатності антени може бути дуже малим. В цьому випадку основною причиною зростання ймовірності помилочного прийому є перший паразитний резонанс.

#### Список літератури

1. Thomas H. Lee. Planar Microwave Engineering: A Practical Guide to Theory, Measurement, and Circuits. Cambridge University Press, 2004.-862p.
2. Филиппов В.С. Введение в классическую электродинамику. - М. : Сайнс-Пресс, 2002. - 64 с.
3. Хорошко В.А., Чекатков А.А. Методы и средства защиты информации. - К.: Юниор, 2003. - 502 с.
4. Куприянов А.И., Сахаров А.В. Радиоэлектронные системы в информационном конфликте. - М.: Вузовская книга, 2003. - 528 с.
5. Вакин С.А., Шустов Л.Н., Основы радиоэлектронной борьбы. - М.: ВВИА им. Н.Е. Жуковского 1998. - 324 с.
6. Васин В.А., Калмыков В.В., Себекин Ю.Н., Сенин А.И., Фёдоров И.Б. Радиосистемы передачи информации. - М.: Горячая линия - Телеком, 2005. - 472 с.
7. Громаков Ю.А., Голяницкий И.А., Шевцов В.А. Оптимальная обработка радиосигналов большими системами. - М.: Эко - Трендз, 2004. - 260 с.
8. Перунов Ю.М., Фомичев К.И., Юдин Л.М. Радиоэлектронное подавление информационных каналов систем управления оружием. - М.: Радиотехника, 2003. - 246 с.
9. Цветнов В.В., Демин В.П., Куприянов А.И. Радиоэлектронная борьба: радиомаскировка и помехозащита. - М.: МАИ, 2003. - 240 с.
10. Цветнов В.В., Демин В.П., Куприянов А.И. Радиоэлектронная борьба: радиоразведка и радиопротиводействие. - М.: МАИ, 2005. - 248 с.
11. Козловский В.В. Топологии распределённых планарных фильтров систем защиты информации // 36. наук. пр. - Севастополь: СНИЯЭиП. - 2008. - №1(25). - С. 120 - 126.

УДК 004.7(045)

С.М.Паук, В.Г.Потапов, А.Г. Тараненко, О.П.Ткаліч

#### АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ МІЖМЕРЕЖЕВИХ ЕКРАНІВ У ВІДОМЧИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ

Відомчі телекомунікаційні системи і мережі характеризуються як загальними, так і специфічними вимогами щодо якості обслуговування потоків повідомлень. Ці вимоги залежать від багатьох факторів. Серед основних з них можна виділити, наприклад: призначення; склад; регіон обслуговування; послуги, що надаються користувачам; засоби і технології транспорту інформації. т. ін.

До узагальнюючих рис, властивих більшості відомчих телекомунікаційних мереж (ТКМ), можна віднести наступні [1...7]:

- широке використання орендованих каналів мереж загального користування (МЗК);
- великі обсяги конфіденційної, секретної і технологічної інформації; взаємодія з мережами МЗК і з іншими відомчими ТКМ;
- наявність пристроїв абонентського доступу до мереж транспорту повідомлень;