

АДАПТИВНЫЙ ПРИНЦИП ЗАЩИТЫ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ ОТ НЕПРЕДНАМЕРЕННЫХ ПОМЕХ

Rodionov S. S., Kondakov O. M. Adaptive protection principle radio electronic facilities unintentional interference.

We consider the three-stage series solved the problem of radio electronic facilities (REF) electromagnetic compatibility. In a dynamically changing randomly interference environment, the efficient operation of REF rationally based on the principle of adaptation. The principle requires the detection current at the input REF interference and its recognition parameters with subsequent transfer to the state of the system (REF changing parameters, algorithms for processing the useful signal and noise, etc.) which provides the desired performance means. The formulas for the mean performance indicators REF in noisy environments with different input data. The evaluation effectiveness of the complex with different REF logic processing of information from the individual radio.

Keywords: radio electronic facilities, electromagnetic situation, electromagnetic compatibility, adaptation, efficiency index, complex of facilities

Родионов С. С., Кондаков О. М. Адаптивный принцип захисту радіоелектронних засобів від ненавмисних завад.

Розглядається задача забезпечення електромагнітної сумісності радіоелектронних засобів (РЕЗ). Нормальна робота РЕЗ в умовах динамічно змінної, по випадковому закону, електромагнітної обстановці може бути забезпечена використовуючи адаптивний принцип захисту. Даний принцип передбачає виявлення на вході РЕЗ завади, розпізнавання її параметрів і включення такого блока захисту, який ефективний для боротьби з завадою, яка діє в даний час на вході приймача. Приведені формули показника ефективності роботи РЕЗ і оцінка ефективності комплексу РЕЗ з різноманітною логікою обробки інформації.

Ключові слова: радіоелектронні засоби, електромагнітна обстановка, електромагнітна сумісність, адаптація, показник ефективності, комплекс засобів

Родионов С. С., Кондаков А. Н. Адаптивный принцип защиты радиоэлектронных средств от непреднамеренных помех.

Рассматривается задача обеспечения электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств (РЭС). Нормальная работа РЭС в условиях динамически изменяющейся по случайному закону электромагнитной обстановке может быть обеспечена используя адаптивный принцип защиты. Данный принцип предусматривает обнаружение на входе РЭС помехи, распознавание ее параметров и включение того блока защиты, который эффективный для борьбы с помехой, действующей в данный момент на входе приемника. Приведены формулы показателя эффективности работы РЭС и оценка эффективности комплекса РЭС с различной логикой обработки информации.

Ключевые слова: радиоэлектронные средства, электромагнитная обстановка, электромагнитная совместимость, адаптация, показатель эффективности, комплекс средств

Вступление. Способность радиоэлектронных средств (РЭС) функционировать с требуемым качеством в условиях непреднамеренных помех других РЭС, определяющая электромагнитную совместимость (ЭМС) радиосредств, является одной из актуальных проблем по обеспечению их совместного функционирования.

Актуальность и обострение проблемы ЭМС связано со следующими основными причинами:

- возрастанием общего числа одновременно действующих радиотехнических устройств, в особенности установленных на подвижных объектах;
- повышением мощности радиопередатчиков и чувствительности приемников;
- расширением полос частот, используемых многими современными средствами;
- увеличением загрузки диапазона радиочастот;
- широким внедрением электронных и радиотехнических средств в различных областях народного хозяйства.

Особенности организации новых радиотехнологий. Результаты анализа возможностей современных радиотехнологий позволяют утверждать, что они обладают гораздо большей гибкостью в использовании спектра, чем система частотного планирования и распределения РЧР в части возможностей по обеспечению эффективного использования, распределения и перераспределения частот (полос частот).

Последнее объясняется тем, что организация сетей этих радиотехнологий базируется на:

- 1) применении более эффективных принципов управления спектром, обеспечивающих адаптацию к условиям окружающей радио- и помеховой обстановки;
- 2) гибкой организации каналов связи;
- 3) использовании спектрально эффективных сигналов, методов их формирования и обработки.

Решение об обеспечении ЭМС должно приниматься исходя из оценки степени сохранения требуемого качества функционирования РЭС на основе решения следующих задач [1]:

– **Первый этап** предусматривает определение формирования и состояния электромагнитной обстановки (ЭМО), в которой функционируют РЭС, включающей всю совокупность недопустимых непреднамеренных помех. На этом этапе решается задача определения количественных детерминированных и вероятностных характеристик полезных и мешающих сигналов, воздействующих на приемное устройство каждого РЭС.

– **Второй этап** предусматривает оценку качества функционирования (эффективности) отдельных радиоэлектронных средств. Результат решения этой задачи характеризует степень влияния непреднамеренных помех на качество приема полезного сигнала, то есть оценивает эффективность РЭС, функционирующей в той или иной электромагнитной обстановке.

– **На третьем этапе** осуществляется комплексная оценка ЭМС как мера сохранения качества функционирования РЭС при действии непреднамеренных помех.

Оценка каждого из указанных этапов в общем случае должна проводиться с вероятностных позиций [2, 3]. Помеховая обстановка характеризуется вероятностью P_i появления помехи S_i с априорно неизвестными энергетическими, частотными, временными, и структурными признаками на входе приемника РЭС.

Если значения вероятности появления помехи и ее параметры требуют организации защиты от ее воздействия (эффективность функционирования РЭС снижается ниже допустимого уровня), то в условиях динамически изменяющейся случайным образом ЭМО наиболее рациональным принципом построения и использования средств помехозащиты является адаптивный принцип. Применение этого принципа предусматривает изменение

параметров или способов функционирования защищаемого от помех средства, в том числе включение того или иного блока защиты в соответствии с видом и параметрами помехи.

Количественное обоснование целесообразности защиты с применением принципа адаптации проведем сравнением средних показателей эффективности РЭС, использующих и не использующих этот принцип.

Для определения этих показателей применим игровой подход к оценки взаимодействия помех и средств помехозащиты (Табл. 1). Сравнение проведем, с *одной стороны* – при различных видах (классах) помех $S_0, S_1, \dots, S_i, \dots, S_n$ (S_0 – отсутствие эффективной помехи, нарушающей работу РЭС) и вероятностях их создания $P_0, P_1, \dots, P_i, \dots, P_n$; с *другой стороны* – при различных состояниях РЭС $A_0, A_1, \dots, A_j, \dots, A_m$ и вероятностях принятия РЭС данного состояния $Q_0, Q_1, \dots, Q_j, \dots, Q_m$. Через W_{ij} обозначим частный показатель эффективности средства при помехи вида S_i и состоянии A_j . Все возможные состояния W_{ij} составляют матрицу эффективности [2].

Табл. 1

Состояние		Класс помех					
		S_0	S_1	...	S_i	...	S_n
		P_0	P_1	...	P_i	...	P_n
$A_0,$	Q_0	W_{00}	W_{10}	...	W_{i0}	...	W_{n0}
A_1	Q_1	W_{01}	W_{11}	...	W_{i1}	...	W_{n1}
...
A_j	Q_j	W_{0j}	W_{1j}	...	W_{ij}	...	W_{nj}
...
A_m	Q_m	W_{0m}	W_{1m}	...	W_{im}	...	W_{nm}

Определим среднее значение показателя эффективности \bar{W} при различных исходных данных о характере смены помех и возможном изменении состояния РЭС.

1) РЭС имеет неизменное состояние A_{j^*} . Возможны виды помех S_0, \dots, S_n с вероятностями их создания P_0, \dots, P_n .

Среднее значение показателя эффективности равно

$$\bar{W}_{j^*} = \sum_{i=0}^n P_i W_{ij^*}, \sum_{i=0}^n P_i = 1. \quad (1)$$

2) При смене помеховой обстановки РЭС меняет свое состояние таким образом, что получается максимальное значение \bar{W} соответствующим выбором вероятности $Q = (Q_0, Q_1, \dots, Q_j, \dots, Q_m)$ при заданном наборе видов помех и вероятностях их создания.

$$\bar{W} = \max_{Q_j \in Q} \sum_{j=0}^m \left(\sum_{i=0}^n P_i W_{ij} \right) Q_j, \sum_{j=0}^m Q_j = 1. \quad (2)$$

Аналитически определить вероятности Q_j можно методами теории программирования.

3) Состояние РЭС меняется в зависимости от действующей на его входе помехи так, что помехи S_i соответствует состояние A_j , при котором частный показатель W_{ij} принимает максимальное значение.

$$\bar{W} = \sum_{i=0}^n P_i [Q_{j^0} \max_{j \in m} W_{ij}] + \sum_{\substack{j=0 \\ j \neq j^0}}^m Q_j W_{ij}, \quad (3)$$

где: Q_{j^0} – вероятность того, что РЭС примет состояние A_{j^0} , имеющая максимальное значение частотного показателя W_{ij} при помехе S_i (считается, что состояние A_{j^0} имеется только одно).

При комплексном использовании нескольких РЭС, функционально связанных друг с другом и выполняющих единую целевую функцию (например, для РЭС в составе узла связи), решение воздействия помех и принятых мерах защиты принимаются не только по качеству функционирования отдельных РЭС, но и учитывается логика взаимосвязи между отдельными средствами и способ использования от них информация.

Если информация от отдельных РЭС используется по логике «И», то общая эффективность комплекса (решения задачи) равна [4]

$$\bar{W}_k = \prod_{i=1}^n \bar{W}_i, \quad (4)$$

где \bar{W}_i – средний показатель эффективности i -ого РЭС, который может принимать одно из значений (1, 2, 3).

При использовании информации по логике «ИЛИ», когда средства используются по схеме функционального резервирования, задача решается с эффективностью

$$\bar{W}_k = [1 - \prod_{i=1}^n (1 - \bar{W}_i)]. \quad (5)$$

Оценка среднего показателя эффективности \bar{W} в соответствии с выражением (3) предусматривает:

- обнаружение помехи на входе приемника РЭС с учетом вероятности ее появления;
- определение (распознавание) энергетических и структурных параметров помехи;
- перевод радиосредства в состояние, обеспечивающее требующий уровень его функционирования.

Распознавание помехи как составной элемент защиты от нее предопределяет и последующее применение соответствующих мер защиты.

В задаче обеспечения ЭМС РЭС возможны следующие ситуации.

При источнике помех, угловое положение которого не совпадает с угловым положением передатчика радиолинии, что фиксируется определением числа источников на входе приемника, оценивается уровень помех (энергетическое ее распознавание) [5].

Защита в этом случае от любого вида помехи осуществляется методами пространственной селекции, в частности, формированием нулевой зоны приема в направлении на источник помехи при использовании основного и компенсационного каналов [6].

Если источник помехи не имеет углового смещения по отношению к углу прихода полезного сигнала, для целей защиты используется структурное распознавание с определением отличий в параметрах помехи от сигнала. В качестве защиты от помехи может

использоваться тот или иной вид селекции, алгоритм обработки совокупного входного сигнала и другие меры.

Обеспечение требуемого значения \overline{W} наряду с выбором частотного показателя эффективности W_{ij} зависит от ошибок распознавания класса помехи, которые в свою очередь во многом определяются выбранными признаками для распознавания. Если для энергетического распознавания достаточно определить аналогичные характеристики помехи, то для структурного может потребоваться использование нескольких признаков.

В заключение отметим следующее. В условиях априорно неизвестного конкретного вида помехи на входе РЭС, что требует для обеспечения ЭМС соответствующих средств защиты от такой помехи, рациональным способом решения задачи является применение адаптивного принципа (3). При использовании «жестких», то есть постоянно включенных средств защиты, средство, эффективное для защиты от определенного вида помехи, обычно оказывается неэффективным при другом и может быть даже дополнительным каналом помехоуязвимости.

Литература

1. Феоктистов Ю. А. Теория и методы оценки электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств / Ю. А. Феоктистов, В. В. Матасов, Л. И. Батулин. – Москва : Радио и связь, 1988 – 216с.
2. Комиссаров Ю. А. Помехоустойчивость и электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств / Ю. А. Комиссаров, С. С. Родионов. – Киев: Техника, 1978. – 208с.
3. Борисов В. Н. Помехозащищенность системы радиосвязи / В. Н. Борисов, В. М. Зинчук. – Москва, Радио и связь, 1999. – 252 с.
4. Брагин А. С. Основы управления использованием радиочастотного ресурса / А.С. Брагин – Киев: НТУУ «КПИ», 2003. – 377 с.
5. Василевич Л. Ф. Радиоэлектронное подавление / Л. Ф. Василевич. – Киев: КВВАИУ, 1989. – 238 с.
6. Лазуткин Б. А. Радіотехнічні пристрої з компенсацією завад / Б. А. Лазуткин. – Киев : Техника, 1972. – 116 с.

Авторы статьи

Родионов Сергей Сергеевич, кандидат технических наук, профессор кафедры радиотехнологий, Государственный университет телекоммуникаций, г. Киев. Тел.: +380 (50) 239 93 12. E-mail: rodionov1934@mail.ru

Кондаков Алесандр Николаевич, аспирант кафедры радиотехнологий, Государственный университет телекоммуникаций, г. Киев. Тел.: +380 (99) 064 61 58. E-mail: fokker51@ukr.net

Дата надходження в редакцію: 11.10.2015 р. Рецензент: д.т.н., проф. А. М. Віноградов