

УДК 621.3 : 004.7

И.Г. Леонов<sup>1</sup>, А.Е. Присяжный<sup>1</sup>, Д.С. Сидоренко<sup>2</sup><sup>1</sup> Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков<sup>2</sup> Харьковский колледж Государственного университета телекоммуникаций, Харьков

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИЕМНЫХ УСТРОЙСТВ ПУТЁМ МОДЕЛИРОВАНИЯ НА ПЭВМ

В статье рассматривается возможность снятия рабочих характеристик приёмного устройства в условиях различных видов помех и для различных сигналов с использованием ППП SystemView.

**Ключевые слова:** обнаружение сигналов, характеристики обнаружения, SystemView.

### Введение

**Постановка проблемы.** Радиолокационный приёмник в режиме обнаружения цели должен улавливать факт наличия слабого сигнала, близкого к пороговому, на фоне мешающих отражений. Амплитуда и фаза сигнала испытывают случайные флуктуации вследствие интерференционного характера отражений от реальной цели и влияния среды. Кроме мешающих отражений необходимо учитывать собственные шумы приёмного устройства, а также возможность различного рода организованных (преднамеренных) помех.

Расчеты такого рода так или иначе требуют иметь возможность устанавливать связь между дальностью, вероятностью обнаружения, характером флуктуаций отраженного от цели сигнала и техническими параметрами станции. Расчеты оказываются сложными и трудоемкими, соответствующие математические зависимости включают интегралы, большей частью не выражающиеся конечным числом элементарных функций, таблицы требуют сложной интерполяции и не всегда доступны.

Существующие методы оценки рабочих характеристик приёмных устройств рассчитаны на аддитивный шум в гауссовском канале. Реальные устройства работают в совершенно других условиях.

Аналитические выражения в таких условиях не получены и получить их довольно проблематично из-за их громоздкости и ограниченных априорных данных.

Оценка рабочих характеристик в таких условиях является актуальной задачей.

В настоящий момент это можно решить за счёт метода статистического эксперимента с использованием современных вычислительных средств.

**Анализ литературы.** За последнее время опубликовано большое количество отечественных и зарубежных работ, посвященных статистической теории радиолокации, тем не менее, ощущается не-

достаток в методиках, направленных непосредственно на удовлетворение потребностей расчетной практики.

**Целью данной статьи** является рассмотрение возможности снятия рабочих характеристик приёмного устройства в условиях различных видов помех и для различных сигналов.

### Основная часть

Задача обнаружения состоит в принятии решения о наличии полезного сигнала, несущего информацию о цели, в исследуемой случайной функции

$$f(t) = s(t) + n(t), \quad (1)$$

состоящей из смеси полезного сигнала  $s(t)$  и шума  $n(t)$ .

Для систем радиосвязи обычно вычисляется суммарная ошибка (вероятность ложной тревоги + вероятность пропуска сигнала), а в радиолокационных системах возможны следующие случаи:

а) функция  $f(t) = s(t) + n(t)$  принимается за смесь полезного сигнала и шума – факт правильного обнаружения;

б) функция  $f(t) = 0 + n(t)$  принимается только за шум – факт правильного необнаружения;

в) функция  $f(t) = s(t) + n(t)$  принимается только за шум – факт пропуска цели;

г) функция  $f(t) = 0 + n(t)$  принимается за смесь полезного сигнала и шума – факт ложной тревоги.

Простое арифметическое вычитание из суммарной ошибки вероятности ложной тревоги может приводить (в ряде случаев) к ошибочным суждениям об обнаружении цели в условиях априорной неопределенности.

В реальных условиях радиолокационного обнаружения эти ошибки чаще всего не равнозначны. Пропуск цели и ложная тревога в различных ситуациях имеют разное значение, как говорят, – различный «вес». При радиолокационном обнаружении мы очень редко располагаем априорной информацией о наличии или отсутствии цели, иногда такая информация может даже не иметь смысла.

Исходя из некоторых тактических соображений, определяют допустимое значение вероятности одной какой-либо ошибки и, фиксируя на время наблюдения эту величину, добиваются минимума вероятности второй ошибки.

Обычно фиксируют некоторое достаточно малое значение вероятности ложной тревоги и при этом стремятся получить минимальное значение вероятности пропуска сигнала. Такое правило принятия решения соответствует критерию Неймана-Пирсона, наиболее широко применяющемуся при статистическом исследовании задач радиолокационного обнаружения.

Применение критерия Неймана-Пирсона требует установления порога, с которым сравнивается выработанный решающей схемой коэффициент правдоподобия. Вероятность ложной тревоги, таким образом, становится важнейшим параметром, определяющим значение порога решающей схемы, а стало быть, и энергетические и вероятностные характеристики радиолокационной станции.

Радиолокационный приёмник в режиме обнаружения цели должен устанавливать факт наличия слабого сигнала, близкого к пороговому, на фоне мешающих отражений. Амплитуда и фаза сигнала, вообще говоря, испытывают случайные флуктуации вследствие интерференционного характера отражений от реальной цели и влияния среды. Кроме мешающих отражений необходимо учитывать собственные шумы приёмного устройства, а также возможность различного рода организованных (преднамеренных) помех.

При всех расчетах такого рода так или иначе требуется иметь возможность устанавливать связь между дальностью, вероятностью обнаружения, характером флуктуаций отраженного от цели сигнала и техническими параметрами станции. Расчеты оказываются сложными и трудоемкими, соответствующие математические зависимости включают интегралы, большей частью не выражающиеся конечным числом элементарных функций, таблицы требуют сложной интерполяции и не всегда доступны [1].

Принципиальным является то обстоятельство, что обычная задача радиолокационного обнаружения сводится к обнаружению слабого сигнала на фоне шума. Практически сигнала без шума не существует. Строго говоря, изолированное рассмотрение сигнала, часто используемое в теоретических работах, представляет собой не более чем удобную для анализа математическую абстракцию. Шум рассматривается как стационарный случайный процесс нормального типа. Шумовые выбросы могут превысить порог даже при отсутствии сигнала. Количество шумовых выбросов в единицу времени и моменты их появления совершенно случайны.

Качество обнаружения существенно зависит от вида окончного устройства, определяется принципами построения решающей схемы и заложенными в неё критериями обнаружения.

Авторами статьи была разработана методика экспериментального построения характеристик обнаружения с использованием программного продукта (ПП) SystemView [2, 3]. За основу была взята концепция построения графиков зависимости вероятности ошибки на бит от отношения сигнал/шум в системах радиосвязи с использованием функциональных элементов библиотеки Communication Library ПП SystemView [4].

На рис. 1 представлена структурная схема системы, используемой для построения зависимости вероятности ошибки на бит от отношения сигнал/шум в ПП SystemView.

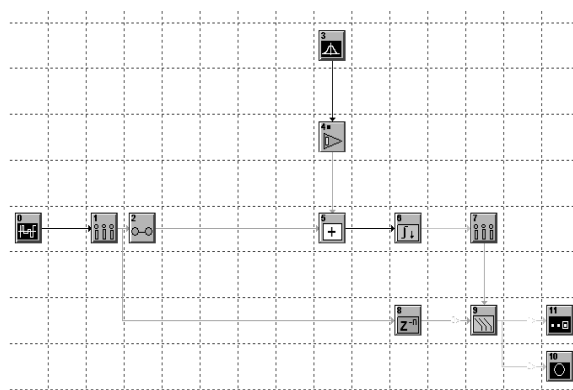


Рис. 1. Структурная схема системы, используемой для построения зависимости вероятности ошибки на бит от отношения сигнал/шум

Работа схемы основана на следующем алгоритме:

1. Системная частота должна быть больше частоты сигнала в 3 – 5 раз.
2. Элемент BER имеет 2 входа: на один подаём исходный (эталонный сигнал), на второй – сигнал на выходе приёмного устройства.
3. Вычисляем групповую задержку от входа до выхода системы, используя функцию «Взаимная корреляционная функция». Задержку необходимо также установить и в элементе BER.
4. Используя МетаСистему, вычисляем энергию сигнала и выставляем это значение в элемент генератор шума для того, чтобы отношение сигнал/шум = 1.
5. Выставляем шаг усиления в каждом цикле моделирования.
6. В элементе BER устанавливаем пороговый уровень.
7. К выходу элемента BER Total Errors подключаем элемент Stop sink и в нём задаём количество ошибок, которое должно произойти, чтобы перейти к следующему циклу моделирования.

8. Используя функцию BER plot строим график зависимости BER от отношения сигнал/шум (можно задать количество точек на графике: чем больше, тем кривая более сглаженная).

Для построения характеристик обнаружения радиолокационных систем исходная схема была модифицирована: были заменены источник сигнала, среда распространения и устройство обработки сигнала.

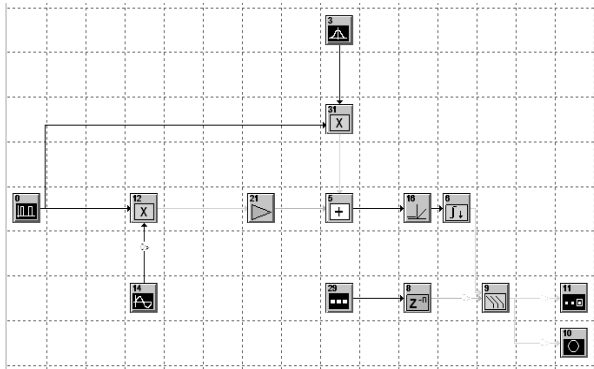


Рис. 2. Структурная схема радиолокационной системы, используемой для построения характеристик обнаружения

В качестве примера (рис. 3) показана характеристика обнаружения энергетического приёмника, снятая по вышеуказанной методике.

## Выводы

Предложенная методика избавляет от утомительной и трудоёмкой вычислительной работы и может оказаться полезной при выполнении различного рода технических и тактических расчётов.

Такой подход, безусловно, является новым и требует дальнейшего исследования.

## ПОБУДОВА РОБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИЙМАЛЬНИХ ПРИБОРІВ ШЛЯХОМ МОДЕЛЮВАННЯ НА ПЕОМ

I.G. Leonov, A.Y. Prisyazhnyi, D.S. Sidorenko

У статті розглядається можливість побудови робочих характеристик приймальних пристроїв в умовах різних видів завад і для різних видів сигналів за рахунок статистичного експерименту з використанням сучасних засобів обчислювальної техніки. Надається формулювання статистичного завдання виявлення сигналів та основних вимог до алгоритму побудови робочих характеристик приймальних пристроїв. Представлені результати комп'ютерного моделювання характеристики виявлення енергетичного приймача.

**Ключові слова:** виявлення сигналів, характеристики виявлення, SystemView.

## THE BUILDING WORKING CHARACTERISTICS OF THE RECEIVERS BY MODELING ON THE COMPUTER

I.G. Leonov, A.Y. Prisyazhnyi, D.S. Sidorenko

In the article considering a possibility of building working characteristics receivers in the different types of noise and different types of signals, that using in the modern computer technology. Available statistical formulation of the signal detection's problem and basic requirements for building working characteristics receivers. The results is presented in this work such as the detecting characteristics of the energy fields.

**Keywords:** detecting of the signals, characteristics of the detection, SystemView.

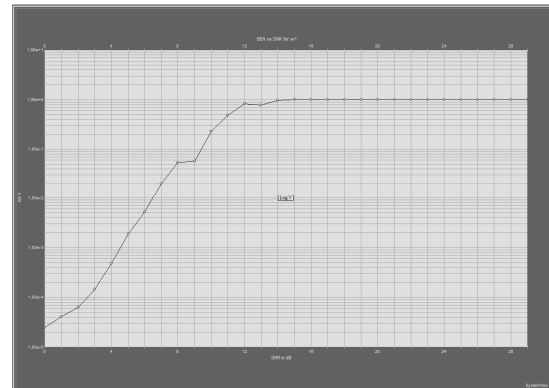


Рис. 3. Характеристика обнаружения энергетического приёмника

## Список литературы

1. Каценбоген М.С. Характеристики обнаружения / М.С. Каценбоген. – М.: Сов. радио, 1965. – 95 с.
2. Златин И.Л. SystemView – системное проектирование радиоэлектронных устройств / И.Л. Златин. – М.: Горячая Линия – Телеком, 2006. – 424 с.
3. Леонов И.Г. Особенности экспериментальных лабораторных исследований с применением программы системного проектирования радиоэлектронных устройств SystemView / И.Г. Леонов, А.Е. Присяжный, Д.С. Сидоренко // Системи управління, навігації та зв'язку. – К.: ДП «ЦНДІ навігації та управління», 2010. – Вип. 4 (16). – С. 139-141.
4. Stephen H. Kratzet. Using SystemView by ELANIX to Generate Bit Error Rate (BER) Curves / Stephen H. Kratzet. – ELANIX, 2004. – 19 p.

Поступила в редколлегию 21.12.2013

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. В.Д. Карлов, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.