

соответственно

$$V = \sum_{i=1}^{C_n^k} P_i V_i = V_i \sum_{i=1}^{C_n^k} P_i = V_i. \quad (13)$$

**Теорема доказана .**

Аналогичные теоремы для случая  $k > n/2$  доказываются подобным образом.

Вероятность правильного перехода для случая равновесных кодов

$$\Pi = \sum_{i=1}^{C_n^k} P_i P_i^i = \sum_{i=1}^{C_n^k} P_i p_{00}^{n-k} p_{11}^k = p_{00}^{n-k} p_{11}^k \sum_{i=1}^{C_n^k} P_i = p_{00}^{n-k} p_{11}^k. \quad (14)$$

Вероятность обнаруживаемого ошибочного перехода определится из выражения (6)

$$Z = 1 - \Pi - V. \quad (15)$$

Таким образом, вероятность  $V$  необнаруживаемых ошибочных переходов для рассматриваемой модели источника информации с равновесными кодами не зависит от вероятностей кодовых комбинаций на входе СПД . Полученные выражения позволяют производить оценку помехоустойчивости равновесных кодов, а также рассчитывать производительность и надежность СПД на их основе.

## SUMMARY

*The new criteria of efficiency estimation for communication systems with equivalent codes is proposed. It is shown that reliability of communication doesn't depend upon probability distribution of information source messages.*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борисенко А.А., Опадченко Е.Л. Оценка помехоустойчивости неразделимых кодов /Вісн. Сум. ун-ту, 1994. - №2. - С. 64-68.
2. Березюк Н.Т. и др. Кодирование информации (двоичные коды).- Харьков: Изд-во Высшая школа, 1978.- 252 с.
3. Цымбал В.П. Теория информации и кодирования: Учебник.- К.: Вища шк.,1992.

*Поступила в редколлегию 23 сентября 1998 г.*

УДК 621.391.1

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ДАНЫХ С МАЖОРИТАРНЫМ ПРИНЦИПОМ КОДИРОВАНИЯ

*А.А.Борисенко, проф.; В.А.Колесников; В.И.Черныш, инж.*

Сегодня проблема надежной передачи данных, несмотря на значительные достижения в этой области техники, остается актуальной, так как требования к качеству передачи информации в настоящее время резко возросли. Одним из эффективных и простых методов защиты информации от помех является метод кодирования, при котором сообщение трансформируется кодирующим устройством в пакет из трех идентичных сообщений, которые затем последовательно передаются по каналу связи. Под воздействием помех эти сообщения могут исказиться. Правильными сообщениями считаются те, число которых в пакете будет больше, то есть два или три.

Вероятность правильной передачи информации в этом случае в

соответствии с [1] определится из следующего выражения:

$$\Pi = \sum_{i=1}^M \mathcal{P}_i \rho_i, \quad (1)$$

где  $\mathcal{P}_i$  - вероятность появления передаваемого  $i$ -го пакета;

$\rho_i$  - вероятность правильной передачи  $i$ -го пакета сообщений по каналу связи;

$M$  - возможное число передаваемых пакетов.

Для пакета, состоящего из трех сообщений, вероятность  $\rho_i$  может быть определена из формулы для определения вероятности безотказной работы мажоритарного элемента с логикой "два из трех" [2]:

$$\rho_i = 3\tilde{\rho}_i^2 - 2\tilde{\rho}_i^3, \quad (2)$$

где  $\tilde{\rho}_i$  - вероятность безошибочной передачи одного сообщения в  $i$ -м пакете.

Если ошибки, получаемые при передаче информации, являются независимыми, то

$$\tilde{\rho}_i = \rho_{11}^{k_i} \rho_{00}^{(n-k_i)}, \quad (3)$$

где  $\rho_{11}, \rho_{00}$  - вероятность правильной передачи единицы или нуля на вход приемника;

$k_i$  - число единиц в  $i$ -м сообщении;

$n$  - длина сообщения.

Подставив (3) в (2) и (2) в (1), получим

$$\Pi = \sum_{i=1}^M \mathcal{P}_i \left\{ 3 \left[ \rho_{11}^{k_i} \rho_{00}^{(n-k_i)} \right]^2 - 2 \left[ \rho_{11}^{k_i} \rho_{00}^{(n-k_i)} \right]^3 \right\}. \quad (4)$$

Вероятность передачи пакета с ошибкой в этом случае определится как

$$W = 1 - \Pi. \quad (5)$$

Эта вероятность состоит из суммы двух вероятностей - вероятности  $Z$  обнаруживаемых и вероятности  $V$  необнаруживаемых ошибочных пакетов сообщений:

$$W = Z + V. \quad (6)$$

Пакет с ошибкой будет обнаружен только в том случае, когда все 3 его сообщения будут разными. В этом случае при необходимости будет осуществлена его повторная передача. Когда два или все три сообщения в пакете будут ошибочными и одновременно одинаковыми, то такой пакет будет воспринят как правильный. Вероятность появления таких пакетов представляет особый интерес, так как именно они определяют истинное качество передачи информации. Чем меньше вероятность их появления, тем выше качество передачи информации.

Для определения вероятности  $V$  необнаруживаемых ошибочных пакетов необходимо найти сначала вероятность ошибочного перехода двоичного сообщения  $i$ -го пакета в сообщение  $j$ -го пакета:

$$\rho_{ij} = \rho_{11}^{k_i - \alpha_j} \rho_{00}^{n - k_i - \beta_j} \rho_{10}^{\alpha_j} \rho_{01}^{\beta_j} \quad (7)$$

где  $\alpha_j$  - число ошибочных переходов единиц в ноль в правильном сообщении;

$\beta_j$  - число переходов нулей в единицу.

Очевидно, что в случае  $\alpha_j = \beta_j = 0$ , в качестве частного случая будет получено выражение (3), и, следовательно, передача сообщения будет проведена без ошибок. Во всех остальных случаях сообщение будет передано с ошибкой. Вероятность ошибочного перехода сообщения  $i$ -го пакета в одно из  $M-1$  возможных пакетов сообщений

$$\rho_{i_{\text{ош}}} = \sum_{\alpha_j=0}^{k_i} \sum_{\beta_j=0}^{n-k_i} C_{k_i}^{\alpha_j} C_{n-k_i}^{\beta_j} \rho_{11}^{k_i-\alpha_j} \rho_{00}^{n-k_i-\beta_j} \rho_{10}^{\alpha_j} \rho_{01}^{\beta_j} - \bar{\rho}_i \quad (8)$$

В случае если ошибочным будет только одно сообщение из трех, то ошибка будет исправлена за счет двух остальных правильных сообщений в пакете. Наиболее опасной ошибкой будет случай, когда два или даже все три сообщения будут иметь одни и те же ошибки. Вероятности такого события соответственно равны  $3\rho_{i_{\text{ош}}}^2(1-\rho_{i_{\text{ош}}}^2)$  и  $\rho_{i_{\text{ош}}}^3$ .

Соответственно вероятность необнаруживаемых ошибок

$$V = \sum_{i=1}^M \bar{\rho}_i (3\rho_{i_{\text{ош}}}^2 - 2\rho_{i_{\text{ош}}}^3). \quad (9)$$

Тогда вероятность обнаруживаемых ошибок определится как

$$Z = W - V = 1 - \Pi - V. \quad (10)$$

Таким образом, используя полученные выше выражения, можно рассчитать качество получаемых сообщений при передаче каждого из них с помощью пакета, состоящего из трех одних и тех же сообщений, что позволяет произвести сравнительную характеристику соответствующей системы связи по сравнению с системами, использующими другие методы повышения надежности передачи информации.

## SUMMARY

An original (new) methodics of probability of discovered and nondiscovered errors computation in the systems of special type transmission with major coding principle is worked out. In such communication is transmitted for several times and the information, transmitted most often, is considered to be correct. The rest of transmissions are considered to be mistaken.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борисенко А.А., Онанченко Е.Л. Оценка помехоустойчивости неразделимых кодов / Вісник Сумського державного університету, 1994. - №2. - С. 64-68.
2. Колесников В.Н. Оптимальный избыточный синтез многоканальных структур ЦВМ. - М., Сов. радио, 1976. - 176 с.

Поступила в редколлегию 23 сентября 1998 г.

УДК 681.518.25:007:519.711.3

## ПРОГНОЗУВАННЯ МОМЕНТУ ПЕРЕНАВЧАННЯ СИСТЕМИ РОЗПІЗНАВАННЯ

А.С.Краснопоясовський, доц.; В.В.Марченко, асп.

Підтримка високої функціональної ефективності системи розпізнавання, що навчається, (СРН) обумовлює необхідність прогнозування зміни параметрів навчання, яка викликана дрейфом у часі вершин еталонних векторів (ЕВ) образів розпізнавання.