

Проведя анализ одного полупериода функции  $F(t)$ , определяем, что для того чтобы погрешность дискретизации соответствовала выбранному классу точности, необходимо проводить измерение в интервале времени  $T$ , соответствующему углу  $2\Delta\alpha$ .

Выразим значение интервала  $T$  в секундах. Для частоты 50 Гц углу вектора синусоиды  $180^\circ$  соответствует временной интервал в 0,01 с. Тогда значение  $T$ , с, можно определить по пропорции

$$T = \frac{2 \cdot 0,01}{180} \Delta\alpha. \quad (7)$$

Искомое значение частоты дискретизации, Гц, определим по формуле

$$F = \frac{1}{T}. \quad (8)$$

После подстановки в формулу (8) ранее определенного значения  $T$ , Гц, получаем окончательную формулу

$$F = \frac{1}{\frac{2 \cdot 0,01}{180} \cdot (90 - \arcsin(1 - \frac{\gamma}{100}))}. \quad (9)$$

Результаты расчете в пакете Mathcad показывают, что для получения измерителя мощности с классом точности 0,1 (предел допускаемой погрешности дискретизации равен 0,01) требуется, чтобы частота дискретизации СБИС измерения была не менее 11 кГц.

УДК 621.394

## КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ АДАПТИВНЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ В УСЛОВИЯХ ДЕЙСТВИЯ ПОМЕХ

*В. Н. ФОМИЧЕВ, П. М. БУЙ, В. В. СЕРЕДА*

*Белорусский государственный университет транспорта*

Компьютерные модели адаптивных систем передачи с обратной связью предназначены для исследования влияния помех на передаваемые информационные и служебные кадры с возможностью измерения коэффициента ошибок по битам, байтам и блокам, а также анализа корректирующих свойств разных методов обнаружения и исправления ошибок. В состав моделирующей системы входят: компьютер, генератор шума, устройство согласования, линия связи и программное обеспечение.

Устройство согласования обеспечивает электрическое согласование выходных параметров генератора шума с параметрами последовательного асинхронного интерфейса RS-232, входящего в состав персонального компьютера (ПК). В качестве источника помех для снятия экспериментальных данных и для отладки программного обеспечения при разработке моделирующей системы используется цифровой генератор белого шума.

Программное обеспечение моделирующих систем предназначено для выбора одного из двух вариантов организации связи по одному СОМ порту или между СОМ портами одного ПК: для измерения коэффициента ошибок по битам, байтам и блокам; для составления отчета о результатах исследований с возможностью их вывода на дисплей или принтер ПК.

Программное обеспечение адаптивных систем передачи реализовано в визуальной среде программирования Delphi для Windows на языке Object Pascal с применением вставок на языке Assembler для функций и процедур нижнего уровня, интерфейса RS-232.

При организации связи программное обеспечение позволяет выбрать один или несколько эталонных файлов для сеанса связи и в зависимости от варианта организации связи – один или два СОМ порта; определить и установить их параметры: скорость передачи (Бод), длину информационного слова (бит), число стоп-битов (бит), контроль по четности, размер информационного кадра (байт) и время ожидания программного подтверждения приема данных (мс).

Передача дискретной информации организована с учетом следующих возможностей, предоставляемых последовательным асинхронным интерфейсом RS-232: скорость передачи от 50 до 57600 Бод; длина информационного слова от 5 до 8 Бит; число стоп-битов – 1; 1,5 и 2; контроль по четности.

В адаптивной системе передачи с решающей обратной связью и блокировкой (РОС-Бл) за один цикл работы программы передается 128 байт информации, которая служит информационной частью блока. В адаптивной системе передачи с решающей обратной связью и адресным переспросом (РОС-Ад) за один цикл работы программы передается 512 байт информации. Эта информация разбивается на четыре части по 128 байт, каждая из которых служит информационной частью соответствующего блока. Четыре передаваемых блока составляют кадр.

Каждый блок начинается знаком начала блока (SOH), представляющего собой кодовую комбинацию "00000001" в кодировке ASCII, имеет два номера (сам номер и его двоичное дополнение по "единицам"). Каждый блок содержит контрольную кодовую комбинацию.

Концом успешной передачи всех данных служит знак завершения передачи (EOT), представляющий собой кодовую комбинацию "00000100" в кодировке ASCII.

Для обнаружения ошибок в информационных частях блоков используется два метода: 1) расчет контрольной суммы; 2) контроль циклическим кодом (CRC).

Для обнаружения ошибок циклическим кодом используется 16-разрядные образующие полиномы.

Чтобы исследовать влияние помех на передаваемые блоки, они вносятся в прямой и обратный каналы связи.

Служебные кадры – сигналы управления передаются простым кодом. В адаптивной системе передачи с РОС-Бл в качестве служебных кадров используются две кодовые комбинации с минимальным кодовым расстоянием Хэмминга, равным 3: 1) кодовая комбинация подтверждения ACK имеет вид "00000110" в кодировке ASCII; 2) кодовая комбинация стирания NAK имеет вид "00010101" в кодировке ASCII. В адаптивной системе передачи РОС-Ад в качестве служебных кадров используются шестнадцать кодовых комбинаций с минимальным кодовым расстоянием Хэмминга, равным 2, в которых по обратному каналу передаются адреса неправильно принятых блоков.

В качестве протоколов передачи файлов использованы протоколы Xmodem и Xmodem-CRC.

Результаты измерений состоят из следующей информации, предоставляемой пользователю: время передачи/приема файла; параметры СОМ порта передача; параметры СОМ порта приема; всего передано/принято: биты, байты, блоки; принято ошибок: биты, байты, блоки; коэффициент ошибок по битам, байтам, блокам.

С помощью двух разработанных адаптивных систем передачи РОС-Ад и РОС-Бл были проведены измерения коэффициентов ошибок передаваемых сигналов вида 1:1 при белом (гауссовом шуме) в линии связи.

В результате измерений были получены практические зависимости коэффициента ошибок по битам от скорости передачи данных при различных уровнях шума. Также были рассчитаны теоретические зависимости вероятности появления ошибки в канале от скорости передачи при различных уровнях шума.

Анализируя данные зависимости, можно сделать вывод, что экспериментальные данные с достаточной точностью подтверждают теоретические расчеты вероятности ошибки единичных элементов в дискретном канале. Разработанные моделирующие системы позволяют в лабораторных условиях выполнить исследование работы аппаратуры передачи данных с обратной связью при воздействии помех, а также для анализа корректирующих свойств разных методов обнаружения и исправления ошибок.

УДК 621.395.74

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПОСТРОЕНИЯ ВЕДОМСТВЕННОЙ СЕТИ IP-ТЕЛЕФОНИИ

В. Н. ФОМИЧЕВ, В. Е. МИНИН, С. С. ТАТУР

Белорусский государственный университет транспорта

Современные тенденции развития телефонных сетей связи предусматривают переход от аналоговых к цифровым технологиям, от коммутации каналов к пакетной коммутации, от построения обособленных сетей к мультимедийным (или сетям с интегральным обслуживанием).