

УДК 621.396

Э.Ф. Бабуров, д-р техн. наук, профессор,

И.А. Евстигнеев, студент

Севастопольский национальный технический университет,

ул. Университетская 33, г. Севастополь, Украина, 99053

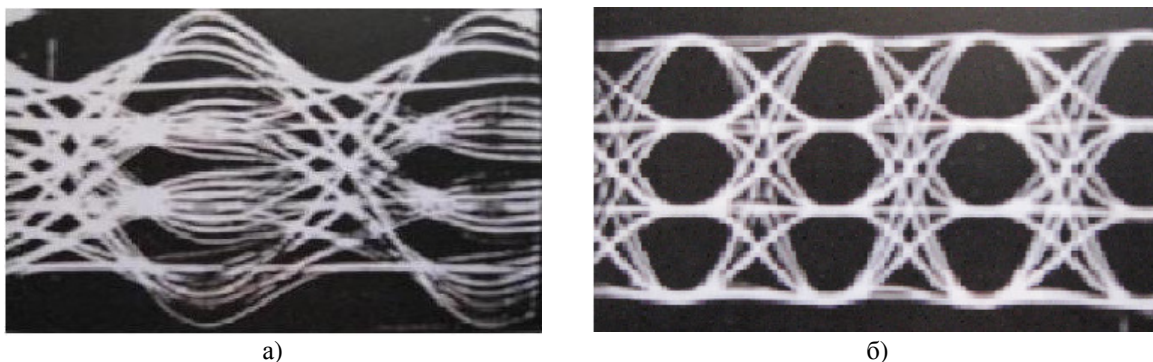
E-mail: efbaburov@yandex.ru

ИЗМЕРЕНИЕ КАЧЕСТВА КАНАЛА СВЯЗИ

Предложен метод измерения качества канала связи в виде коэффициента верно принятых сигналов.

Цифровые сигналы передают по каналам связи в виде отдельных блоков, сопровождаемых последовательностями служебных сигналов до и после передаваемого блока. Как правило, в качестве служебных сигналов используется двоичная последовательность нулей и единиц. Получение оценки качества канала в виде измеренных частот распределения длины смежных ошибок требует большой последовательности служебных сигналов, превышающей по длительности блок полезной информации и существующие стандарты длительностей служебных сигналов. В результате получают низкое быстродействие, не позволяющее оценить качество канала непосредственно перед передачей и приемом блока полезной информации. Поэтому практически предварительная оценка качества принимаемых дискретных сигналов осуществляется при помощи глаз-диаграммы [1, 2].

В качестве примера на рисунке 1 изображены глаз-диаграммы, полученные при передаче четырехуровневых сигналов Найквиста по каналам связи различного качества.



а) б)
Рисунок 1 — Глаз-диаграммы каналов связи: а) плохого, б) улучшенного качества при передаче четырехуровневых сигналов Найквиста

Раскрытие «глаза» представляет собой гарантируемую минимальную разность между кодовыми уровнями, на основе которых производится операция принятия решения. Поэтому всю свободную от межсимвольной интерференции область раскрытия «глаза» принято называть областью принятия решения. В пределах этой области выбирается порог срабатывания решающей схемы и момент стробирования [2].

Хотя глаз-диаграмма дает достаточно наглядное представление о состоянии канала и уровне межсимвольных искажений, количественные значения этих параметров по глаз-диаграмме получить затруднительно. В частности, вероятность ошибочного приема или коэффициент ошибок получают, как правило, используя методы вычисления количества ошибочно принятых сигналов. При этом на выходе формирователя сигналов ошибок последние подсчитываются счетчиком общего числа ошибок. При помощи элементов задержки, запрета и совпадения ошибки могут быть разделены на одиночные, смежные, сдвоенные смежные и строенные смежные. Таким образом, имеется возможность получить статистический ряд накопленных частот распределения длины смежных ошибок. Однако в конкретных цифровых системах передачи информации этот метод оказывается практически неприемлемым из-за низкого быстродействия [1].

Для радиоканалов дециметрового и сантиметрового диапазонов характерно замирание сигналов. Параметры каналов являются нестационарными и меняются во времени. Использование таких радиоканалов вызывает необходимость измерения их качества всякий раз перед приемом блока информации. Экстренная количественная оценка качества канала необходима не только для уверенности в достоверности принимаемой информации. Сигнал оценки качества канала используют как управляющий в адаптивных системах с предварительной обработкой передаваемых сигналов, в системах с квитированием и др.

Представляет интерес рассмотреть задачу измерения качества канала связи путем использования бинарной последовательности служебных сигналов, сопровождающих блок полезной информации. Устройство, обеспечивающее такое измерение, должно выполнять эту операцию, используя минимально возможное количество служебных сигналов. Увеличение же их количества должно приблизить оценку качества канала в виде коэффициента верно принятых сигналов к значению его вероятности. Предложенное

устройство может быть эффективно использовано практически во всех разновидностях цифровых систем передачи информации, так как предназначено для работы в последетекторной части их приемных трактов.

На рисунке 2 изображена структурная схема предложенного измерителя качества каналов связи в цифровых системах передачи информации, а на рисунке 3 — временные диаграммы, поясняющие его работу.

Устройство для измерения качества каналов содержит регистр сдвига 1, дешифраторы 2, 3, 4, логический элемент И 5, счетчик 6 верно принятых посылок, управляемый ключ 7, одновибраторы 8, 13, RS — триггеры 9, 10, выделитель сигнала тактовой частоты 11, счетчик импульсов тактовой частоты 12, индикатор 14 состояния канала, формирователь сброса 15 при включении устройства.

Устройство работает следующим образом. Принимаемый сигнал в цифровом виде записывают в регистр сдвига 1. Состояние этого регистра непрерывно анализируют дешифраторы 2, 3, 4. Непосредственно перед блоком принимаемой информации в регистр поступает входящая в состав сигнала служебная двоичная последовательность нулей и единиц (диаграмма 1 на рисунке 2).

Дешифратор 2 предназначен для определения верно принятых посылок. Как только на входах дешифратора появляется последовательность минимальной длительности, состоящая из двух элементов (единицы и нуля) 10, на его выходе вырабатывается импульсный сигнал (диаграмма 2 на рисунке 3).

Дешифратор 3 предназначен для определения момента запуска счета. Хотя на выходе дешифратора 2 вырабатываются импульсы, соответствующие верно принятым сигналам, счет их не происходит до тех пор, пока не появится импульсный сигнал на выходе дешифратора 3 (диаграмма 3). Такой сигнал вырабатывается при верном прохождении через канал связи и появлении на входе дешифратора 3 шестизначной последовательности 101010.

С выхода дешифратора 3 импульс запуска счета проходит через замкнутый в исходном состоянии ключ 7 на вход одновибратора 8. На диаграмме 4 (рисунок 3) показан вид импульса на выходе ключа 7 длительностью τ_1 . Этот импульс с дешифратора 3 проходит через замкнутый в исходном состоянии ключ 7 на одновибратор 8, переключая триггер 10 и вырабатывая при этом управляющий сигнал для ключа 7.

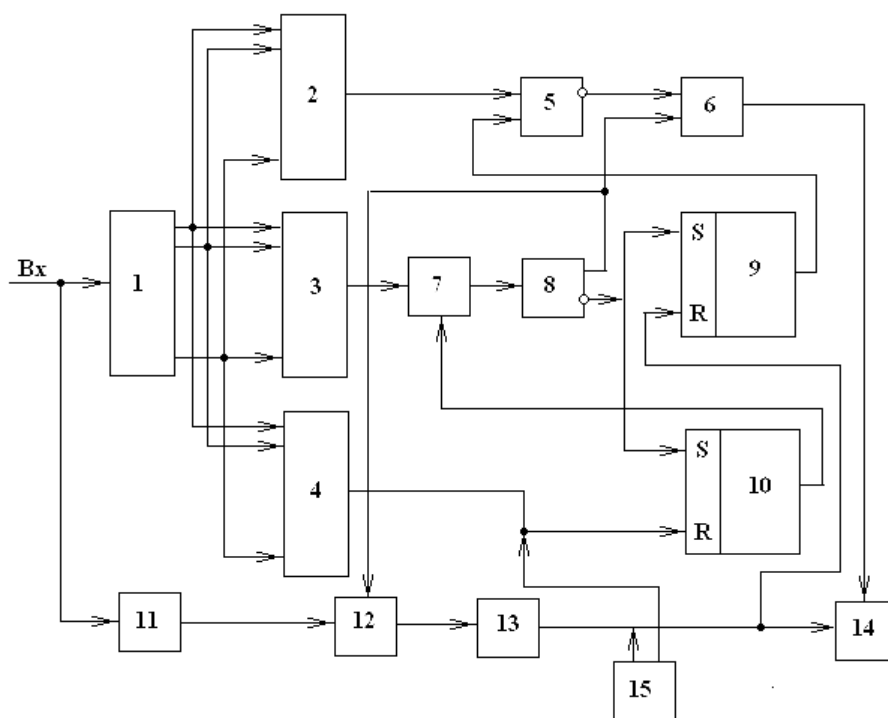


Рисунок 2 — Структурная электрическая схема устройства для измерения качества канала связи в цифровых системах передачи информации

Временная задержка блоков схемы 7, 8, 10 определяет длительность τ_1 на выходе ключа 7. На выходе одновибратора 8 формируется одиночный кратковременный импульс, обеспечивающий сброс показаний счетчика 12 и начало счета им импульсов тактовой частоты, поступающих с выделителя сигналов тактовой частоты 11. С инверсного выхода одновибратора 8 импульс поступает на s-входы триггеров 9, 10 и переводит их в состояние «1».

Диаграммы 5, 6 на рисунке 3 отображают импульсы прямого и инверсного выходов одновибратора 8. Длительность импульсов τ_2 определяется номиналами времязадающих элементов одновибратора 8. С выхода триггера 9 сигнал логической единицы подается на один из входов элемента И 5, разрешая прохождение через второй его вход импульсов от дешифратора 2 к счетчику 6. Счетчик 6 обеспечивает непрерывный счет верно принятых посылок двоичной последовательности, вводимой в регистр сдвига 1.

Ухудшение качества канала приводит к тому, что на выходе дешифратора 2 количество импульсов, соответствующих верно принятым послылкам, уменьшается. Соответственно уменьшается число импульсов, регистрируемых счетчиком 6. Изменение же состояний последовательно соединенных элемента И 5 и счетчика 6 не происходит, так как триггер 9, переведенный однажды в состояние «1», не меняет его при изменении импульсных последовательностей на входе и выходе дешифратора 3. Одновибратор 8 также больше не срабатывает, так как после перевода триггеров 9, 10 в состояние «1» ключ размыкается и отсоединяет одновибратор 8 от дешифратора 3. Таким образом, счетчик 6 обеспечивает счет верно принятых двоичных посылок в течение определенного интервала времени. Этот интервал задает счетчик импульсов тактовой частоты 12, который, как было уже отмечено, начинает синхронно со счетчиком 6 счет импульсов, поступающих с выхода выделителя сигналов тактовой частоты 11.

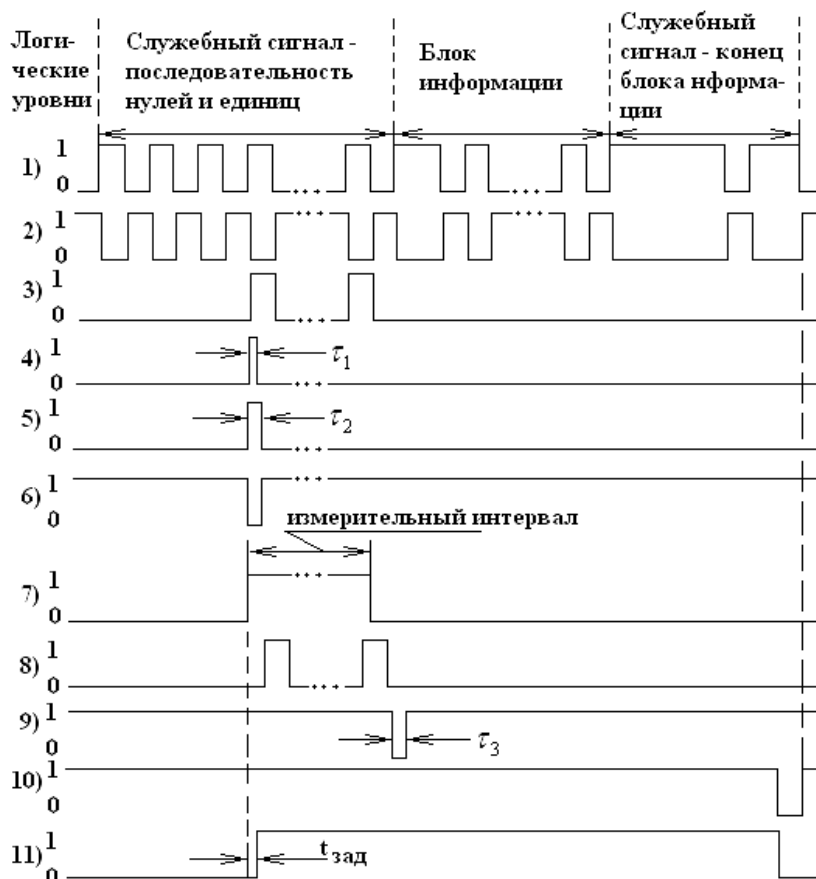


Рисунок 3 — Временные диаграммы устройства для измерения качества канала связи

Длительность интервала работы счетчика 12 определена его установкой на определенную длину последовательности служебных двоичных сигналов, предшествующих блоку передаваемой информации.

При превышении заданного числа импульсов с выхода счетчика 12 поступает запускающий импульс для одновибратора 13. Например, при наличии последовательности служебных сигналов в 60 двоичных посылок, счетчик 12 настраивают так, что он запускает одновибратор 13 после подсчета 50 импульсов, т.е. с некоторым запасом.

Кратковременный одиночный импульс, сформированный одновибратором 13 (диаграмма 9), подается на R-вход триггера 9 и на управляющий вход индикатора 14. Триггер 9 переходит в состояние «0». С выхода триггера 9 сигнал логического нуля подается на один из входов элемента И 5, запрещая прохождение импульсов через второй его вход от дешифратора 2 к счетчику 6.

На рисунке 3 диаграмма 7 показывает длительность импульса на выходе триггера 9, т.е. измерительный интервал. Начало интервала определено фронтом выходного импульса дешифратора 3, конец — фронтом выходного импульса одновибратора 13 (диаграмма 9). Длительность этого импульса τ_3 зависит от номиналов времязадающих элементов. В течение измерительного интервала происходит счет импульсов счетчиками 6 и 12. Диаграмма 8 отображает импульсы на выходе схемы И 5. Диаграмма 10 содержит импульсы, образующиеся на выходе дешифратора 4 при наличии кода конца блока передаваемой информации во входном сигнале. Диаграмма 11 характеризует временной интервал, в течение которого счетчик 12 сохраняет свои показания. Начало интервала определено появлением импульса на выходе одновибратора 8 с некоторой временной задержкой (время задержки элементов 7, 8, 10). Конец интервала,

соответствующий сбросу показаний счетчика 12 и готовности его к новому циклу измерений, определяет фронт импульса дешифратора 4.

Индикатор 14 анализирует состояние счетчика 6 и в момент прихода импульса с выхода одновибратора 13 на управляющий вход индикатора 14, определяет состояние канала в виде коэффициента верно принятых сигналов, получаемого как отношение показаний счетчиков 6 и 12, т.е.

$$p_k = n_1 / n_2, \quad (1)$$

где n_1 — число верно принятых посылок, подсчитанное счетчиком 6, n_2 — общее число импульсов тактовой частоты, зарегистрированное счетчиком 12. В соответствии со значением полученного коэффициента индицируется оценка качества канала связи.

За двоичной последовательностью, являющейся служебным сигналом, следует блок передаваемой информации, окончание которого сопровождается определенным кодом, например 1111011. Дешифратор конца блока передаваемой информации выдает на выходе кратковременный импульс при появлении такого кода на его входе. Этот импульс подается на R-вход RS-триггера 10 и переводит его в состояние «0». Сигнал логического нуля с выхода этого триггера подается на управляющий вход ключа 7 и переводит его в нормально-замкнутое состояние, а устройство в целом — в исходное состояние, обеспечивающее прием новой информации.

Формирователь сброса 15 при включении устройства обеспечивает исходный режим путем подачи импульса на R-входы RS-триггеров 9, 10 и перевода их в состояние «0». При этом положение ключа 7 является нормально-замкнутым, элемент И 5 закрыт для прохождения импульсов, показания индикатора 14 обнуляются.

Разработанное устройство позволяет оценить качество канала связи используя последовательность служебных сигналов минимальной длительности, что было невозможно до настоящего времени.

Устройство является работоспособным и дает оценку качества канала для минимальной двоичной последовательности, состоящей из 4, 5 импульсов. Погрешность такой оценки неприемлемо велика для практических целей, но важно, что процесс измерения качества канала реализуется. С увеличением количества импульсов в служебной двоичной последовательности погрешность уменьшается и достигает величины 2 % для 50...55 импульсов служебных сигналов. Дальнейшее увеличение длительности служебной последовательности снижает погрешность измерения коэффициента верно принятых сигналов, приближая его значение к вероятности верно принимаемых сигналов.

Таким образом, предложенное устройство обеспечивает количественную оценку качества канала, которая может использоваться одновременно с наблюдением глаз-диаграммы. Практические измерения показали хорошую согласованность между значениями коэффициента верно принятых сигналов и раскрытием глаз-диаграммы. Достигнутое быстродействие измерения указанного коэффициента позволяет получить оценку качества канала связи непосредственно перед приемом блока информации, выбрать лучший канал и в результате повысить достоверность принимаемой информации.

Дальнейшее исследование рассмотренного метода измерения коэффициента верно принятых сигналов обеспечит использование его в качестве управляющего сигнала для автоматического выбора канала связи, включения и выключения регистрирующих устройств, дублирующих каналов, каналов обратной связи и т.д., что откроет новые возможности для совершенствования цифровых систем передачи информации.

Библиографический список

1. Боккер П. Передача данных. [В 2 т.]. — Т.1 / Питер Боккер: пер. с нем.; под ред. Д.Д. Кловского. — М.: Радио и связь, 1981. — 264 с.
2. Скляр Б. Цифровая связь / Б. Скляр: пер. с англ.; под ред. А.В. Назаренко. — М.; СПб.; К.: 2004. — 1100с.

Поступила в редакцию 14.04.2008 г.