

УДК 006:621.39

ПЕРСПЕКТИВЫ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЦИФРОВЫХ СЕТЕЙ СВЯЗИ

О.В. Каминский

*ФГУП «ВНИИФТРИ», Менделеево, Московская обл.
kaminsky@vniiftri.ru*

Обсуждается вопрос о целесообразности разработки специального эталона для анализа параметров сетей связи.

Ключевые слова: цифровые сети связи, метрологическое обеспечение, разработка специального эталона.

PROSPECTS OF METROLOGICAL ASSURANCE OF DIGITAL COMMUNICATION NETWORKS

O.V. Kaminsky

*FSUE "VNIIFTRI", Mendeleevo, Moscow region
kaminsky@vniiftri.ru*

The question of the feasibility of developing a special standard for analyzing the parameters of communication networks is discussed.

Key words: digital communication networks, metrological assurance, development of a special standard.

В основе требований на перспективную цифровую сеть связи могут быть заложены две группы показателей: показатели ошибок и показатели дрожания и дрейфа фазы.

Показатели ошибок являются статистическими параметрами, и нормы на них определяются соответствующей вероятностью их выполнения. Различают два вида норм при эксплуатации сетей связи — долговременные и оперативные. Измерения показателей ошибок проводятся при помощи аппаратуры мониторинга сети, работающей без остановки сети. Анализ существующей аппаратуры мониторинга показал, что её метрологическое обеспечение возможно построить на основе существующих традиционных эталонов.

В то же время использование только статистических параметров контроля сети не обеспечит требуемой достоверности передачи информации, предъявляемой к современным телекоммуникационным сетям (сети). В современных сетях передача данных осуществляется со скоростями свыше нескольких гигабит в секунду. При такой скорости аналоговые свойства сигнала становятся преобладающими, и обеспечение достоверности сигнала требует

принятия специальных мер, таких как измерения фазового дрожания сигнала (джиттер), фазовой стабильности и фазовых шумов.

Наличие джиттера в сети может привести к существенному снижению устойчивости работы сети, появлению шума и увеличению коэффициента ошибок. При этом если тестирование параметра ошибки даст в этом случае лишь индикационное понимание типа «хорошее/плохое качество», то измерение джиттера обеспечит поиск и обнаружение причины деградации качества сети. Безусловно, хотя джиттер выступает как вторичный параметр по отношению к статистическим параметрам качества, однако результаты его измерения могут быть использованы для принятия превентивных мер по обеспечению качества цифровой передачи по сети.

Дополнительным аргументом в пользу необходимости измерения джиттера является его свойство накопления в составных сложных сетях. Воздействие его на параметры сети может не проявляться в течение долгого времени. В результате небольшое увеличение джиттера или изменение другого параметра деградации качества приводит к резкому ухудшению параметров качества. Такой эффект порогового воздействия параметров вообще характерен для цифровых систем передачи.

Джиттер определяется как «отклонение показательных участков сигнала от их требуемого положения во времени», или насколько раньше или позже сигнал меняет состояние относительно правильного момента перехода [1]. Для цифрового сигнала «показательными участками» являются точки перехода (пересечения), которые определяются по самим дискретным данным или по дополнительному сигналу синхронизации.

Джиттер вызывается амплитудным и фазовым шумом как внутреннего, так и внешнего происхождения. Джиттер сигнала имеет разные характеристики в зависимости от его причин и источников и делится на случайный и регулярный джиттер. Случайный джиттер обусловлен шумовыми процессами, происходящими во всех полупроводниках и компонентах. Он характеризуется статистическими величинами: средним значением и среднеквадратическим отклонением. Источниками случайного джиттера являются:

- тепловой шум — связан с потоком электронов в проводниках и растёт с увеличением полосы пропускания, температуры и теплового сопротивления;
- дробовый шум — шум электронов и дырок в полупроводниках, который увеличивается в зависимости от тока смещения и измеряемой полосы частот;
- шум мерцания — шум, спектр которого обратно пропорционален частоте, так называемый розовый шум.

Регулярный джиттер вызывается действующими на сигнал процессами, происходящими в системном оборудовании, а также может появиться при

определённых способах представления передаваемых данных. Системный джиттер зависит от характеристик цифровой системы. Примерами источников системного джиттера являются перекрёстные помехи от излучаемых или передаваемых сигналов; влияние дисперсии при распространении сигнала; рассогласование сопротивлений. Механизм зависимости от способов представления данных сказывается тогда, когда схема кодирования или другие характеристики передаваемых данных влияют на сетевой джиттер, проявляющийся на стороне приёмника. Источниками зависящего от данных джиттера являются: межсимвольная интерференция; искажение коэффициента заполнения импульсной последовательности; периодичность псевдослучайной двоичной последовательности.

Регулярный джиттер достигает своих максимальных значений в определённые временные интервалы и характеризуется амплитудным значением. Существуют два класса способов наблюдения и измерения джиттера в сетях. Первый основан на анализе джиттера во временной области, второй — в частотной. Именно измерения частотных характеристик джиттера обеспечивают наиболее точную оценку джиттера благодаря заведомо большой частоте дискретизации сигнала и управлению полосой частот и могут быть положены в основу разработки специального эталона для анализа параметров сетей связи. В настоящее время для измерения джиттера используются следующие средства измерений: импульсные генераторы и генераторы тестовых последовательностей, осциллографы с дискретизацией в истинном масштабе времени, анализаторы цифровой связи, анализаторы фазовых шумов, тестеры частоты ошибок по битам, логические анализаторы. Многообразие подходов к проведению измерений джиттера и средств измерений джиттера, а также отсутствие единого «эталона» вызывают проблемы в обеспечении единства измерений джиттера. Учитывая это обстоятельство и необходимость проведения высокоточных измерений в первичных сетях связи, было бы целесообразно разработать специальный эталон для анализа параметров сетей связи.

Особую область измерений в первичных сетях связи занимают измерения фазовой стабильности. Методология измерения фазовой стабильности достаточно проста, и реализация её не вызывает такого многообразия измерительных средств.

В основу эталона могут быть положены несколько эталонов:

- эталон единиц времени и частоты как основа формирования высокостабильного цифрового сигнала с нормированными характеристиками и для исследования характеристик фазовой стабильности цифровых сетей связи;
- эталон ослабления как основа формирования опорных уровней при оценке спектральных характеристик сигналов в сетях связи;
- эталон единицы импульсного напряжения;

- эталоны параметров формы и спектра сигналов как основа формирования временных и частотных (спектральных) параметров сигнала.

Литература

Рекомендации МСЭ-Т (Международного совета по электросвязи). G. 701.