**Содержание**

 Введение

1. Достоинства SDH
2. Скорости SDH
3. Измерение на сетях SDH
4. Тестирование мультиплексорного оборудования
5. Тестирование сети SDH в целом

# 6. Особенности измерений джиттера в сетях SDH

 Заключение

**Введение**

 SDH - это стандарт для высокоскоростных высокопроизводительных оптических сетей связи более известный, как синхронная цифровая иерархия. Это синхронная цифровая система предназначена для обеспечения простой, экономичной и гибкой инфраструктуры сети связи. По мере роста скоростей передачи и развития структуры традиционных плезиохронных систем передач все больше стали проявляться присущие им недостатки.

 Главные из них - отсутствие в структуре сигнала средств управления сетью и сложность выделения исходного сигнала из высокоскоростных цифровых потоков. Действительно, чтобы выделить исходный сигнал 2 Мбит/с из потока 140 Мбит/c необходимо произвести полную "разборку" потока, пройдя при этом все уровни иерархии скоростей.(в данном случае -140, 34, 8 Мбит/c). Это крайне неудобно и дорого, и тем дороже, чем выше скорости передачи цифровых потоков. К середине 80х годов назрела острая необходимость создания нового стандарта для цифровых систем передач. В июне 1986 года началась работа над стандартом SDH.

 Цель состояла в тон, чтобы разработать общий стандарт для волоконно-оптических систем передачи, который обеспечит сетевых операторов возможностью простой экономичной и гибкой работы с сетью.

 В 1988 были одобрены первые S0Н стандарты 6.707, 6.708 и 6.709. Эти стандарты определяют особенности и функциональные возможности транспортной системы, основанной на принципах синхронного мультиплексирования.

 **Достоинства SDН.**

 - Возможность разработки эффективных и гибких сетей связи, основанных на прямом синхронном мультиплексировании.

 - Позволяет выделить сигнал любого уровня иерархии без демультиплексирования основного сигнала.

 - Обеспечение встроенной емкости сигнала для целей управления и эксплуатации сети.

 - Обеспечиваются гибкие возможности транспортирования сигнала, предназначенные для существующих и будущих сигналов.

 - Позволяет иметь единую инфраструктуру сети, допускает установку сетевого оборудования от различных производителей.

 Только инфраструктура сети SDH обеспечивает эффективное прямое взаимодействие между тремя главными видами сетей:

Локальная сеть, Сеть кольцевой структуры, Магистральная сеть.

#  Скорости SDH

Наиболее распространенные линейные скорости SDН, используемые сегодня: Синхронный Транспортный Модуль первого уровня или STM-1. Сигналы более высокого уровня получаются путем мультиплексирования с "чередованием байтов" сигналов низшего уровня. Они обозначаются как SТМ-N. Линейная скорость более высокого уровня SТМ-N сигнала равна ПРОИЗВЕДЕНИЮ N на 155.52 Мбит/с, т.е. линейную скорость сигнала самого низкого уровня. Наиболее часто используемые скорости передачи:

STM-1 155.52 Мбит/с

STM-4 622.08 Мбит/с

STM-16 2488.32 Мбит/с

SDH - структура разработанная для будущего развития, гарантирующая в случае необходимости добавление более высоких скоростей передачи.

SONЕТ - североамериканский эквивалент SDН.

Концепции и структура сигнала очень близки. Главное различие - в терминологии и в сигнале самого низкого уровня.

# Измерения на сетях SDH

В настоящее время технология SDH получает все большее применение для построения современных цифровых первичных сетей и, будучи сравнительно новой в практике российской связи, требует особого подхода к проведению измерений не только на этапе ввода сетей в строй, но и при их эксплуатации. Это происходит по ряду причин.

 Во-первых, в настоящий момент стандарты SDH находятся в состоянии развития, многие из них еще дорабатываются и детализируются. Поэтому предлагаемое производителями оборудование может соответствовать лишь основным требованиям уже готовых стандартов, а для проверки их полного соответствия последним потребуется большая работа на этапах сертификации и внедрения.

 Во-вторых, программное обеспечение систем управления сетями SDH (Telecommunications Management Network - TMN), которое предназначено для автоматического контроля и тестирования системы "изнутри", как правило, представляет собой новую фирменную разработку и, следовательно, может содержать ошибки.

 В-третьих, технология SDH намного сложнее технологии PDH и требует от обслуживающего персонала более глубоких знаний. Изучить механизмы работы SDH и их взаимодействие практически невозможно без использования тестового оборудования.

 В-четвертых, только "внешнее" тестирование системы SDH позволит осуществить контроль таких важных параметров взаимодействия сетей SDH и PDH, как уровень фазового дрожания сигнала (джиттер), возникающего, как правило, из-за погрешностей в цепях синхронизации.

 Таким образом, на этапах создания, пуска и эксплуатации сетей SDH приоритетной задачей является их анализ с помощью измерительных приборов. В настоящий момент это единственный способ достижения высокой эффективности работы SDH.

 Наиболее важны измерения на следующих участках:

- сопряжение сетей SDH разных производителей,

- сопряжение сетей SDH разных операторов,

- сопряжение сетей SDH с сетями PDH,

- соединение сетей SDH через сеть PDH (задача типичная для

 России).

Ниже мы рассмотрим основные схемы организации тестирования различных участков SDH, но опустим вопросы тестирования кабелей, электрических и оптических параметров стыков, которые достаточно полно освещены в литературе.

# Тестирование мультиплексорного оборудования

Основным элементом сети SDH является мультиплексор ввода/вывода (МВВ). Он выполняет следующие основные функции:

- создание виртуальных контейнеров, включая помещение в них полезной нагрузки PDH (mapping) и заголовка;

- выгрузка сигнала PDH из виртуального контейнера, включая удаление из него заголовка и компенсацию образовавшегося джиттера;

- мультиплексирование/демультиплексирование потоков STM-M в поток STM-N (N>M) - компенсация возможной рассинхронизации приходящих потоков за счет использования указателей (pointers).

Тестирование процессов создания виртуальных контейнеров необходимо для определения ряда параметров работы МВВ (джиттера и битовой ошибки - BER (Bit Error Rate)). Искусственно введя джиттер в тракт передачи, можно определить степень его компенсации. МВВ должен компенсировать нестабильность частоты передаваемого сигнала (допускаемой нормами PDH на нестабильность частоты). Опять же, искусственное введение нестабильности частоты передаваемого сигнала позволяет определить ее влияние на BER и джиттер.

 Особенно важно тестирование процессов восстановления нагрузки PDH, так как именно оно порождает джиттер, существенно влияющий на качество цифровых каналов связи (в частности, на величину BER). В простейших тестах анализатор измеряет полученные на выходе МВВ джиттер и BER. Внося в канал SDH намеренную ошибку, анализируют реакцию систем контроля SDH и индикации МВВ на полученную ошибку передачи. Существенным тестом является и имитация в сети процессов рассинхронизации. Для этого в тракт вносят дополнительные указатели (pointers) и измеряют джиттер и BER на выходе МВВ. С помощью этого теста определяют эффективность механизма компенсации джиттера при смещении указателей (pointers movement).

 Простейший случай тестирования процессов синхронного мультиплексирования/демультиплексирования потоков STM-N связан с измерениями BER и смещения указателей, возникающих на этом участке. Однако и здесь существуют специфические тесты. Для измерения устойчивости работы мультиплексора к вносимому сетью SDH джиттеру (мультиплексор должен его компенсировать) на выходе МВВ измеряется уровень компенсации смещения указателей, намеренно введенного на его входе. Точно так же, внося некоторый уровень ошибок в передаваемый сигнал, можно прогнозировать реакцию системы контроля SDH и индикации МВВ на реальные ошибки передачи. Существенным здесь является комплексное испытание, имитирующее рассинхронизацию приходящих потоков. Для этого анализатор синхронизируется от МВВ, а имитация осуществляется при введении нестабильности частоты приходящего сигнала. В этом случае измеряется уровень смещения указателей, определяющий эффективность компенсации рассинхронизации.

# Тестирование сети SDH в целом

После испытания мультиплексоров, как правило, производится тестирование сети SDH в целом. Оно включает в себя:

* мониторинг и сбор статистики на участках сети и сопоставление

 этой статистики со статистикой системы контроля;

* исследование различных механизмов работы сети, в первую

 очередь механизмов компенсации джиттера при прохождении

 нескольких мультиплексоров.

Мониторинг сети осуществляется комплексно с мониторингом системы PDH и состоит из сбора основных параметров цифровой передачи, которые рекомендуются стандартами МСЭ-T G.821 и M.2100. При этом на заданном участке джиттер можно измерить дополнительно. В режиме мониторинга с помощью оптических разветвителей анализатор подключается к сети SDH и не оказывает влияния на работу сети. Исследование различных механизмов работы сети - процесс сложный и определяется спецификой самой сети. Обычно он включает описанные выше тесты и их комбинации, применяемые к участкам сети с несколькими МВВ. В цепочку из нескольких мультиплексоров вносят нестабильность частоты передаваемого сигнала (имитация рассинхронизации по входящему потоку). На выходе измеряется результирующий джиттер, который должен соответствовать действующим нормам для сети PDH.

# Особенности измерений джиттера в сетях SDH

 Описание технологий измерений на сетях SDH будет неполным, если отдельно не рассмотреть вопрос измерения джиттера в системах SDH. Здесь следует учесть разную природу джиттера в системах PDH и SDH. В системах PDH джиттер возникает при некорректной работе аппаратуры передачи (например, дрожание частоты задающего генератора) или вследствие особенностей среды распространения сигнала, т. е. имеет физическую природу. В системах SDH джиттер имеет алгоритмическое происхождение. Он возникает как следствие использования механизма смещения указателей для компенсации рассинхронизации в сети. В случае рассинхронизации входящего потока для ее компенсации необходимо вставить или удалить один байт указателя (смещение указателя). Поскольку этот процесс приводит к временному смещению нагрузки на один байт, то применительно к джиттеру это означает его всплеск на 8 UI (UI - единичный интервал или время, необходимое для передачи одного бита информации). Таким образом, в системах PDH джиттер является постоянным по амплитуде, а в системах SDH - импульсным. По этой причине измерение джиттера в системах SDH - наиболее важно. Импульсный джиттер возникает в практике телекоммуникаций только при переходе к технологии SDH, т. е. является принципиально новым параметром измерений. Именно по этому параметру наблюдается некоторое разногласие в существующих стандартах. Например, норма МСЭ-T на джиттер в канале DS3 составляет не более 5 UI, тогда как смещение указателей приводит к всплеску джиттера на 8 UI. Поэтому мультиплексорное оборудование системы SDH должно компенсировать образующийся всплеск джиттера. При ее недостаточности оборудование приема потока Е2 может не справиться со всплеском джиттера, и тогда произойдет сбой цикловой синхронизации, который приведет к потере до трех циклов информации. Нормы на джиттер в системах SDH определены в рекомендации МСЭ-T G.958.

 Для измерения джиттера на сетях PDH можно использовать методику измерений с накоплением данных и анализом среднего значения параметра. Такая методика измерения джиттера в системах SDH неприменима, поскольку характерный для этих систем всплеск джиттера оказывается не фиксируемым. Итак, при выборе измерительного оборудования необходимо четко представлять, какой тип джиттера будет измеряться - импульсный или постоянный. Именно этот принципиальный момент обычно упускают, когда рассматривают технику измерений для SDH. На рынке существуют несколько моделей универсальных анализаторов, способных проводить измерения в сетях PDH и SDH. В таблице приведены основные характеристики наиболее совершенных из них.

# Заключение

В заключение хотелось бы отметить следующее: в настоящий момент развитие сетей SDH в практике российской связи переходит от этапа экспериментального внедрения к этапу широкого внедрения и эксплуатации, что повышает интерес к процессам измерения на цифровой сети SDH. До сих пор операторы эксплуатировали такие сети, построенные на базе оборудования одного производителя, и с сравнительно несложной топологией - даже сравнительно крупная сеть "Макомнет" с точки зрения топологии довольно проста. Однако начинается процесс расширения цифровых сетей SDH, усложнения их топологии и превращения в гетерогенные, т. е. построенные на базе оборудования разных производителей. В ближайшее время может возникнуть необходимость в документах по методологии измерений, однако уже сегодня общие положения такой методологии ясны, и они с успехом будут применяться для повышения эффективности и надежности работы сетей SDH.