

СУХАРЕВ Александр Алексеевич

**Институт радиоэлектроники и телекоммуникаций КГТУ им.А.Н.Туполева
Кафедра Радиоэлектроники и информационно–измерительной техники (ТРЭ)**

Учебный курс "Измерения в телекоммуникационных системах"

Лекция 1. Роль измерений в определении качества телекоммуникационных услуг

Литература: Битнер В.И., Попов Г.Н. Нормирование качества телекоммуникационных услуг. –М.: Горячая линия–Телеком, 2004. –312с.

Изменение отношения в мире к качеству обслуживания и качеству предоставляемых телекоммуникационных услуг, отраженное в серии международных стандартов ISO и ряде рекомендаций ITU–Т, а также аналогичные изменения в РФ, отраженные в национальной законодательной базе, привели к выбору составляющих качества обслуживания понятных пользователю и не зависящих от структуры сети передачи данных и используемого оборудования, (рекомендация ITU–Т E.800): обеспеченность, удобство пользования, безопасность (от несанкционированного доступа, неправильного использования, стихийных бедствий и человеческих ошибок) и действенность обслуживания (доступность, бесперебойность и целостность услуги).

Для обеспечения регулярного инструментального контроля (в идеале автоматического или автоматизированного) данные показатели качества обслуживания однозначно связываются с техническими показателями качества функционирования сети (оборудования, обеспечивающего предоставление услуги) связи. Поэтому особую роль для контроля качества связи начинают играть регулярные измерения таких параметров.

Нормируемые характеристики качества цифровых транспортных сетей

Для транспортных сетей (рекомендации G.803, G.805, I.326, G.872) к таким характеристикам, без учета архитектуры сети, относят: число каналов, скорость передачи данных, степень резервирования оборудования, нормы на ошибки передачи информации, параметры интерфейсов сопряжения и относительную нестабильность первичного опорного (эталонного) генератора или относительное отклонение частот таких генераторов сопрягаемых сетей.

На уровне цифрового канала (тракта) связи к нормируемым характеристикам относят:

- показатели ошибок,
- показатели дрожания фазы (джиттер) и
- показатели дрейфа фазы (вандер).

К показателям ошибок цифровых каналов и трактов относят: количество секунд с ошибками (ES), количество секунд, пораженных ошибками (SES), коэффициент ошибок по секундам (ESR), коэффициент ошибок по секундам, пораженным ошибками (SESR), величина блока, количество блоков с ошибками (EB), период с серьезными нарушениями (SDP), число блоков с фоновой ошибкой (BBE), коэффициент ошибок для блоков с фоновой ошибкой (BBER), период или время неготовности тракта. Большинство из них является статистическими параметрами и нормируется для долговременного (время измерения по рекомендациям G.821, G.826 более одного месяца) и оперативного (время измерения по M.2100, M.2110 менее одного месяца) применения. Показатели джиттера и вандера не являются статистическими, поэтому для их измерения не требуются длительные измерения.

Общие характеристики разных уровней плездохронной цифровой иерархии

тип канала или тракта	номинальная скорость передачи	пределы отклонения скорости передачи	номинальный импеданс интерфейса
основной цифровой канал	64 кбит/с	$\pm 5 \cdot 10^{-5}$ кбит/с	120 Ом (симметр.)
первичный цифр. сетевой тракт (E1)	2048 кбит/с	$\pm 5 \cdot 10^{-5}$ кбит/с	120 Ом (симметр.)
вторичный цифр. сетевой тракт (E2)	8448 кбит/с	$\pm 3 \cdot 10^{-5}$ кбит/с	75 Ом (несим.)
третичный цифр. сетевой тракт (E3)	34368 кбит/с	$\pm 2 \cdot 10^{-5}$ кбит/с	75 Ом (несим.)
четвертичный цифр. сетевой тракт (E4)	139264 кбит/с	$\pm 1.5 \cdot 10^{-5}$ кбит/с	75 Ом (несим.)

Нормируемые характеристики кабельных линий и систем

К таким характеристикам относят:

- параметры импеданса линии (сопротивление, емкость и индуктивность),
- затухание в кабеле (переходное затухание) и длина кабеля,
- АЧХ (амплитудно–частотная характеристика) и ГВЗ (групповое время задержки),
- шумовые характеристики и характеристики помехоустойчивости,
- возвратные потери и коэффициент отражения,
- задержка в распространении сигнала,
- параметры скрутки (для витой пары), полярность и т.д.

Измеряются стандартными методами и оборудованием.

Нормируемые характеристики радиочастотных систем

К основным радиочастотным системам относят системы подвижной и фиксированной связи, радио и телевизионного вещания. Поскольку правильное использование общего частотного ресурса является основой совместной работы таких систем без взаимных помех, то к нормируемым характеристикам, в первую очередь, относят параметры и характеристики излучения:

- мощности и параметров модуляции,
 - стабильности частоты и формы спектра,
 - параметры излучающих антенн,
- а во вторую параметры, характеризующие дальность и пропускную способность:
- параметры приемных антенн,
 - чувствительность,
 - полосу пропускания.

Нормируемые характеристики телефонных сетей общего пользования

К основным характеристикам таких сетей (рекомендация ИТУ–Т E.434) относят измерения при тестовых вызовах, имитирующих реальные вызовы пользователей:

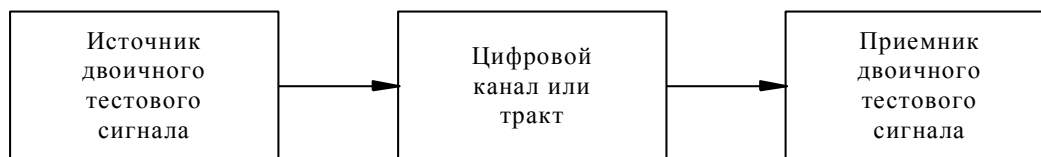
- 1) временных параметров этапов установления и разъединения соединения (до ответа станции, время набора номера, длительность послышки вызова и т.п.),
- 2) вероятностных характеристик качества обслуживания:
 - вероятность потери вызовов,
 - вероятность отсутствия акустических сигналов,
 - вероятность ошибочного выбора направления связи,
 - вероятность преждевременного разъединения,
 - вероятность несостоявшегося разъединения (после отбоя),
 - вероятность неадекватной реакции на нестандартные действия источника (эмулятора действий абонента),
 - вероятность того, что задержки на разных этапах тестового вызова не превышают установленных значений,
- 3) правильности подсчета времени соединения и тарификации услуг.

Лекция 2. Измерения статистических показателей ошибок

Литература: Бакланов И.Г. Методы измерений в системах связи. –М.: Эко трендз, 1999. –196с.

Измерение показателей ошибок с отключением канала

Для организации измерений с отключением канала используется генератор и анализатор тестовой последовательности, подключенные к разным концам цифрового канала (на рисунке источник и приемник двоичного тестового сигнала) и синхронизированные по тестовой последовательности (теоретически приемник может предсказать значение передаваемого бита).



На практике используются два типа тестовых последовательностей, которые могут обеспечить синхронизацию работы источника и приемника тестового сигнала: фиксированные и псевдослучайные последовательности различной длины.

К фиксированным относят регулярные последовательности чередующихся комбинаций бит, например **010001000000000000000100** и т.п., а к псевдослучайным – последовательности, имеющие ярко выраженный максимум своей автокорреляционной функции, позволяющий однозначно определять момент начала такой последовательности.

Процедура синхронизации заключается в обнаружении начала такой последовательности и последующем побитовом сравнении в анализаторе образцовой и принятой последовательности с одновременным статистическим подсчетом измеряемого параметра. Такая операция называется *процедурой с указанием начала цикла* тестовой последовательности. В ряде случаев с симметричной структурой тестовой последовательности, например **1010**, используется синхронизация на основе *процедуры без указания на начало цикла*.

Стандартные тестовые последовательности

Фиксированные

1111 (в) – все единицы,

1010 (в) – т.н. альтернативная последовательность,

0000 (в) – все нули,

010 (в) – т.н. 1–3 или одна единица на три бита последовательность,

0100 (в) – т.н. 1–4 или одна единица на четыре бита последовательность,

01000000 (в) – т.н. 1–8 или одна единица на восемь бит последовательность,

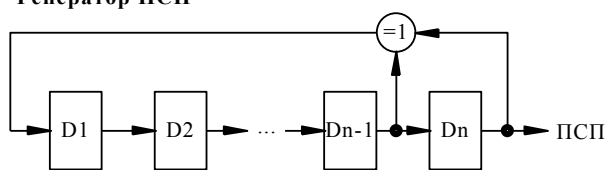
010001000000000000000100 (в) – т.н. 3 – 24 или три единицы на 24 бита последовательность. Кроме приведенных стандартных последовательностей, используемых для расширенного и стрессового тестирования применяются и другие регулярные выражения:

2A 12 A2 04 8A AA 92 C2 D2 04 42 4A F2 EA 72 04 62 F2 1A 04 52 AA B2 0A CA 04 F2 6A A2 4A 04 2A 12 A2 04 32 82 5A 9A 04 22 F2 E2 04 8C 4C CC 2C AC 6C EC 1C 9C 0C B0 50 (н) – т.н. FOX последовательность (от предложения Quick brown fox ... в кодах ASCII), используемая для оценки верности воспроизведения данных со времен аналоговых телетайпных систем и т.п.

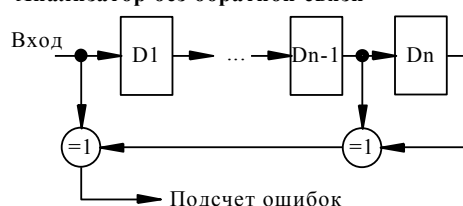
Псевдослучайные

Формируются на основе регистров сдвига с отводами, см. рис., обеспечивающими генерацию псевдослучайных последовательностей (ПСП). Наиболее часто в связи используются ПСП с числом элементов памяти (D триггеров): 6, 7, 9, 11, 15, 20 и 23.

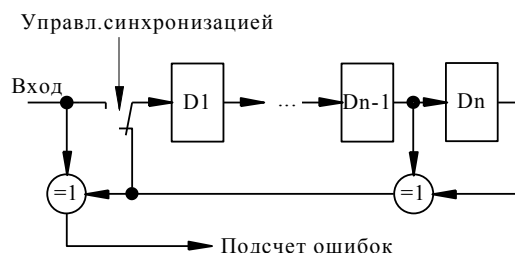
Генератор ПСП



Анализатор без обратной связи



Анализатор с обратной связью



Длина ПСП	n	номер отвода
63	6	5
127	7	6
511	9	5
2047	11	9
32767	15	14
1048575	20	17
8388607	23	18

Исключающее ИЛИ (= \oplus)

63 и **127** – короткие ПСП длиной 63 и 127 бит, на основе 6 и 7 ячеек памяти, используется для анализа низкоскоростных цифровых каналов связи,

511 – короткая ПСП на основе 9 фазного регистра сдвига без ограничения нулей, получила широкое распространение для анализа вторичных сетей передачи данных (соответствует стандарту ITU V.52),

2047 – короткая ПСП на основе 11 фазного регистра сдвига без ограничения нулей, применяемая для анализа вторичных сетей передачи данных, приложений DDS и ISDN,

2e15 – стандартная ПСП на основе 15 фазного регистра сдвига без ограничения нулей, применяемая для анализа каналов PDH с относительно невысокой скоростью передачи,

2e20 – стандартная ПСП на основе 20 фазного регистра сдвига без ограничения нулей (соответствует стандарту ITU O.151),

20ITU – стандартная ПСП на основе 20 фазного регистра сдвига (соответствует стандарту ITU O.153) с ограниченным числом последовательных нулей (не более 18),

2e23 – стандартная ПСП на основе 23 фазного регистра сдвига без ограничения нулей (соответствует стандарту ITU O.151), применяемая для тестирования высокоскоростных каналов первичной сети (например, SDH).

Измерение показателей ошибок без отключения канала

Для проведения таких измерений используются алгоритмы циклического кодирования и декодирования передаваемой последовательности данных. Так информационный поток разбивается на блоки данных фиксированного размера и каждый блок перед передачей подвергается операции циклического кодирования на основе определенного полинома, а в передаваемый блок кроме данных добавляется контрольная сумма (остаток). При приеме данных происходит обратная операция, позволяющая восстановить, в случае ошибки, небольшое число неправильно переданных бит. При этом есть возможность подсчитать число таких ошибок в переданном блоке и оценить долю блоков с ошибками. Основные типы используемых кодов приведены в таблице.

тип кода	полином	контр. сумма	применение
CRC-6	x^6+x+1	6 бит	DS1
CRC-4	x^4+x+1	4 бита	E1
CRC-16 FCS	$x^{16}+x^{12}+x^5+1$	16 бит	HDLC, V.41, ISDN, Frame Relay
CRC-32	$x^{32}+x^{26}+x^{23}+x^{22}+x^{16}+x^{12}+x^{11}+x^{10}+x^8+x^7+x^5+x^4+x^2+x+1$	32 бита	SMDS, LAN

Лекция 3. Показатели дрожания и дрейфа фазы цифровых систем связи

Литература: 1) Бакланов И.Г. Методы измерений в системах связи. –М.: Эко трендз, 1999. –196с. 2) Битнер В.И., Попов Г.Н. Нормирование качества телекоммуникационных услуг. –М.: Горячая линия–Телеком, 2004. –312с.

Необходимость оценки показателей быстрых дрожания (джиттер) и дрейфа фазы (вандер) цифровых систем связи связана с требованием соблюдения синхронизма работы передающей и приемной частей аппаратуры связи, которое начинает нарушаться (в силу различных причин) при интеграции цифровых систем передачи в единую сеть передачи сигналов данных и сигнализации (ОКС №7). Модель, описывающая механизм нарушения синхронизации, включает т.н. "эластичный буфер" – участок сети передачи данных, обладающий изменяющейся областью памяти (временем задержки). Разность тактовых частот передающей и приемной сторон, приводящая к накоплению фазовой ошибки в один тактовый интервал, что приводит либо к потере, либо к появлению лишних бит данных, нарушающих цикловую синхронизацию (правильность передачи блока данных). Это явление называют неуправляемым проскальзыванием. Для устранения этого явления на стыках канала часто устанавливают аппаратуру выравнивания скоростей передачи (интервалов передачи), работающих в режиме управляемых проскальзываний.

Рекомендацией МСЭ–Т G.803 определены четыре основных режима работы сетей синхронизации: синхронный, псевдосинхронный, плезиохронный и асинхронный.

Синхронный режим является нормальным режимом работы цифровой сети (в районе общей синхронизации), при котором проскальзывания в цифровой сети носят только случайный характер.

Псевдосинхронный режим имеет место, если в составе сети независимо работают два или более генераторов с точностью установки частот не хуже $1 \cdot 10^{-11}$ (в соответствии с рекомендацией G.802). Этот режим возникает при соединении независимых синхронных сетей. Такое требование обеспечивает при применении цикловых или октетных выравнивателей (для цифрового канала) не более одного управляемого проскальзывания за 70 суток из-за расхождения частот работы генераторов.

Плезиохронный режим – это режим полной потери принудительной синхронизации. При потере синхронизации генератор переходит в режим удержания частоты сети принудительной синхронизации (holdover mode). По мере дальнейшего ухода частоты генератор переходит в т.н. свободный режим (free-run mode), поэтому для ограничения числа проскальзываний жестко ограничивается время работы в плезиохронном режиме. Требования к точности запоминания и допустимому дрейфу частот генераторов (рекомендации G.812) транзитных и локальных станций приведены в таблице:

тип станции	точность запоминания	суточный дрейф
Транзитная	$5 \cdot 10^{-10}$	$1 \cdot 10^{-9}$
Локальная (местная)	$1 \cdot 10^{-8}$	$2 \cdot 10^{-8}$

Такие требования обеспечивают не более одного проскальзывания за 17 часов.

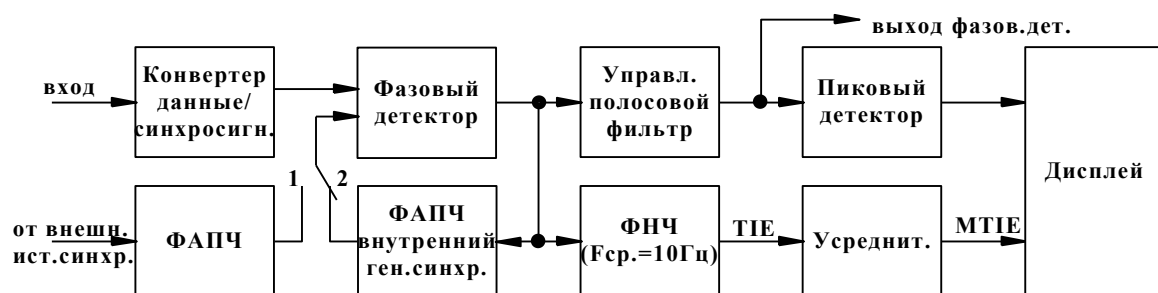
Асинхронный режим характеризуется большим расхождением частот генераторов, при котором, однако, еще не нарушается трафик. Несмотря на то, что МСЭ–Т еще не установил норм допустимого отклонения частот генераторов, известно, что для передачи общего сигнала индикации аварийного состояния сети относительное расхождение частот генераторов не должно превышать $2 \cdot 10^{-5}$, что обеспечивает не более одного проскальзывания за 7 секунд.

Для оценки стабильности используемых генераторов используют: 1) относительное отклонение частоты генератора от номинальной (ppm означает "частей на миллион" – множитель $1 \cdot 10^{-6}$), 2) стабильность – относительное изменение частоты за фиксированный интервал времени (до 1000 с – кратковременная, больше 10000 с – долговременная, за сутки, за год), 3) коэффициент вариации Аллана (AVAR) $\eta_{\text{Аллана}} = \sqrt{\sum_n (\Delta f / f_0)^2}$.

Нестабильная работа генератора характеризуется наличием переменного (медленного) сдвига частот и переменной вариации, характеризуемые вандером.

В системах синхронизации также отдельно выделяют параметры синхросигналов: 1) фазовый сдвиг относительно эталонного сигнала, называемый ошибкой временного интервала (TIE), 2) максимальный фазовый сдвиг ($MTIE = TIE^{\text{макс}} - TIE^{\text{мин}}$) за время наблюдения, 3) временная вариация (TVAR), равная среднеквадратичному отклонению TIE, 4) девиация частоты изменения временного интервала ($TDEV = \sqrt{TVAR}$).

Кроме медленных изменений (частотой менее 10 Гц) дрейфа фазы (вандер) в цифровых системах рассматривают и быстрые изменения фазы сигналов (джиттер), вызываемые различными причинами. К причинам возникновения джиттера относят: 1) особенности передаваемых последовательностей (*регулярный джиттер*) – вызываемые различием реакций основных узлов сети (скремлерах, кодерах, мультиплексорах, регенераторах и т.п.) на лог. "0" и "1", 2) внешнее электромагнитное воздействие и интерференция с внешними сигналами (*нерегулярный джиттер*) – шум, помехи, отражения, перекрестные помехи, сетевые наводки, 3) ошибки работы выравнивателей проскальзываний (*джиттер стаффинга*) – вызванный эластичным выравниванием скоростей передачи и приема данных. Также по особенностям работы различных блоков цифровой сети и изменениям характеристик самого джиттера выделяют *максимальный джиттер* – максимальное значение джиттера, *джиттер ожидания* – обусловленный некрatностью скоростей приема и передачи, *джиттер по смещению указателей* – вызванный алгоритмом смещения указателей и *джиттер загрузки* – обусловленный процессами выравнивания (стаффинга) при загрузке плезиохронного сигнала в псевдосинхронную систему, и аналогичный ему *джиттер выгрузки* (псевдосинхронного сигнала в плезиохронную систему). Измерение фазового джиттера возможно с помощью цифрового высокочастотного осциллографа в режиме накопления, а также с помощью специальных измерителей. Пример структурной схемы такого прибора (для измерения как джиттера, так и вандера) приведена на рис. ниже.

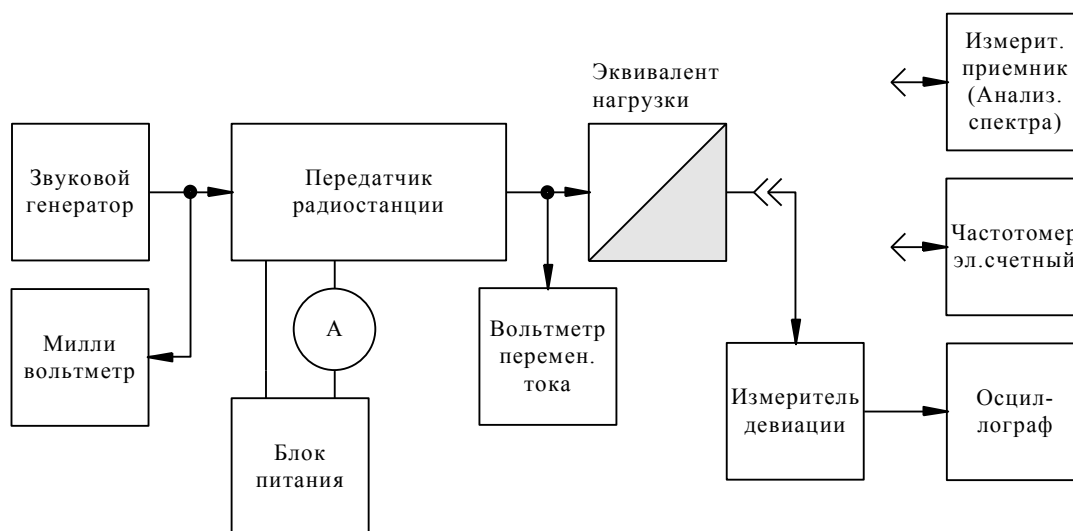


В положении переключателя 1 (с внешним источником синхросигнала), с помощью фазового детектора и ФНЧ с частотой среза 10 Гц измеряется вандер, а в положении 2 (с использованием внутреннего, синхронизируемого на основе ФАПЧ, генератора) измеряется джиттер. При этом параметры управляемого полосового фильтра задаются согласно скорости передаваемых данных и режиму цифровой сети (рекомендации G.823, G.783, G.825).

Лекция 4. Измерения и контроль параметров УКВ ЧМ радиостанций

Литература: Технические описания УКВ ЧМ радиостанций Р-392А (2.000.096 ТО1), 1Р21В-3 и 1П21С-4 (ИП1.100.073), 56(57, 58 и 59)РТМ-А2-ЧМ (0.200.110.ТО).

Основные контролируемые параметры и характеристики передатчика: номинальная (минимальная) выходная мощность, номинальная (максимальная) девиация частоты, напряжение на микрофонном входе для получения девиации в 5 кГц на частоте сигнала 1 кГц, коэффициент нелинейных искажений, нестабильность несущей частоты, мощность побочных излучений, потребляемый ток. Основные контролируемые параметры и характеристики приемника: чувствительность при соотношении сигнал/шум 10:1 (или при SINAD – сигнал/шум + искажения в 12 дБ), сигнал 1 кГц, девиация 5 кГц, выходное напряжение, коэффициент нелинейных искажений, полоса пропускания, уровень срабатывания шумоподавителя (если есть), ослабление ложных каналов приема (избирательность по зеркальному каналу и промежуточным частотам), избирательность по соседнему каналу, частотная характеристика (звуковая), потребляемый ток, уровень излучения гетеродина. Схемы измерений для радиостанции, см. ниже. Для приемника радиостанции предварительно вместо телефона к выходу приемника подключается его эквивалент, а на вход приемника – эквивалент антенны/согласующее устройство.



Мощность передатчика определяется как $P = \frac{U^2}{R}$, где U – показания ВЧ вольтметра

со среднеквадратичной шкалой, а R – сопротивление эквивалента нагрузки (50 Ом)

Чувствительность определяется с помощью генератора стандартных сигналов, настроенного на частоту канала приема с девиацией 5 кГц при модуляции сигналом 1 кГц заданного уровня. При этом отмечается положение аттенюатора генератора и измеряется напряжение выходного сигнала. Затем модуляция отключается и, изменяя значение ослабления аттенюатора, изменяется выходное напряжение (в ЧМ приемниках уменьшение уровня сигнала приводит к увеличению уровня шумов при выключенном шумоподавители) до получения соотношения 10:1. При использовании методики SINAD сравниваются не напряжения, а мощности на эквиваленте телефона, определяемые по формуле $P = \frac{U^2}{Z}$, где Z – сопротивление эквивалента телефона, до получения соотношения 4:1 (12 дБ).

Девияция, выходное напряжение, уровень нелинейных искажений, уровень срабатывания шумоподавителя и ток потребления измеряются стандартными способами, с применением соответствующих приборов при модулирующем сигнале частотой 1 кГц и заданном уровне такого сигнала.

Полоса пропускания определяется на уровне 0.5 в обе стороны от частоты измеряемого канала без модуляции звуковым сигналом, при расстройке штатного генератора стандартных сигналов и изменении ослабления его аттенюатора. Изменение уровня сигнала контролируется милливольтметром, подключаемым на вход ограничителя приемника (не всегда возможно).

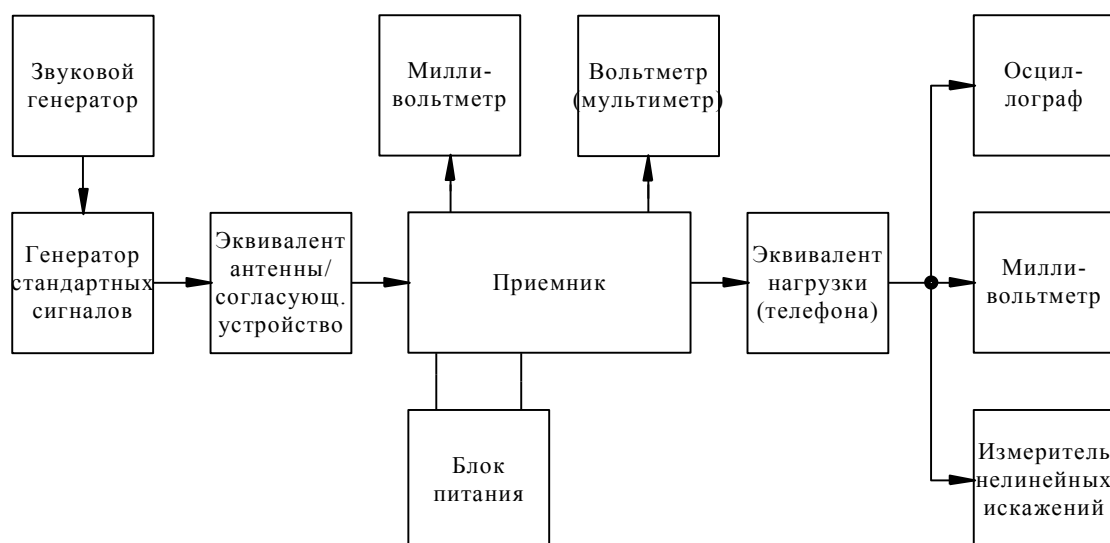
Звуковая полоса пропускания определяется по точкам для частот 300, 500, 1000, 2000 и 3000 Гц относительно уровня сигнала 1000 Гц.

Избирательность по соседнему каналу (двухсигнальная избирательность) измеряется с применением двух генераторов стандартных сигналов. При этом сигнал генератора 1, настроенного на частоту канала с девиацией 5 кГц и модулирующим сигналом 1 кГц должен обеспечивать отношение сигнал/шум 10:1 (SINAD 12 дБ). Отмечается уровень сигнала звуковым выходе приемника. Подается сигнал от второго генератора, настроенного на частоту соседнего нижнего канала приема, с девиацией 3 кГц и модулирующим сигналом 400 Гц. Выходное напряжение второго генератора увеличивается до удвоения первоначального значения сигнал/шум (SINAD 6 дБ). Процедура повторяется для соседнего верхнего канала приема. Меньшее из значений определяет двухсигнальную избирательность.

Ослабление ложных каналов приема оценивается (при одинаковом выходном сигнале) по отношению уровней выходного отклика генератора стандартных сигналов без модуляции на частоте принимаемого сигнала (базовый сигнал) и его ложных каналов (зеркальный канал и канал первой промежуточной частоты). При этом за базовый сигнал принимается уровень измеренной ранее чувствительности приемника.

Уровень излучения гетеродина оценивается (из-за очень малых уровней, измеряемых в нВт) методом замещения с помощью измерительного приемника или чувствительного анализатора спектра на рассчитанном значении частоты первого гетеродина.

В случае многодиапазонных (многоканальных) приемников характеристики чувствительности, избирательности и т.п. измеряются для наиболее неблагоприятных условий (каналы на границах диапазона или вблизи пораженных точек приема).



Лекции 5 и 6. Испытания и измерения параметров земных станций спутниковой связи

Литература: Симонов М.М., Ермилов В.Т. Гармонизация нормативного регулирования земных станций спутниковой связи. –М.: НИИР, 2004. –643с.

К земным станциям спутниковой связи фиксированной и подвижной служб относят аппаратуру связи со спутниками, работающую в диапазонах частот 1/2, 6/4 (С диапазон), 14/11–12 (Ku диапазон), 30/20 (Ka диапазон), 30/11–12 ГГц. Последние годы среди них большую долю стали составлять т.н. VSAT, применяемые с 2000 года в основном для передачи телевидения, речи, мультимедиа и цифровых данных, а также организации телекоммуникационных сетей передачи данных, в т.ч. и в рамках Internet. К наиболее распространенным из них относятся земные станции с антеннами диаметром 1.2–3.8 м. За последние 25 лет их стоимость снизилась с 10 – 20 до 1 – 5 тыс.долл, а общее количество приблизилось к 400 тыс в мире (около 250 тыс. в Северной Америке).

В соответствии с гармонизированными стандартами Европейского института стандартов электросвязи EN 301428 (VSAT) и EN 301430 (SNG) для земных станций спутниковой связи с очень малой апертурой (VSAT) и станций спутникового сбора новостей (SNG) основными контролируруемыми параметрами являются:

- побочные излучения на частотах выше 1 ГГц, и побочные излучения по оси диаграммы направленности антенны,
- стабильность (или относительная нестабильность) несущей частоты в центре рабочей полосы частот,
- плотность эквивалентной изотропно излучаемой мощности (ЭИИМ) основного излучения вне оси диаграммы направленности антенны и поляризация развязка на передачу,
- возможность дистанционного включ./выключения несущей (для SNG необязат.),
- механические требования к наведению антенны.

Только для VSAT контролируются: процессор, передающая подсистема, приемный канал, правильность передачи, выполнение команды запрета передачи.

Точность измерения при таких испытаниях и измерениях должна быть:

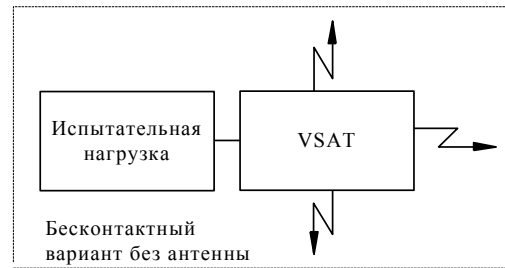
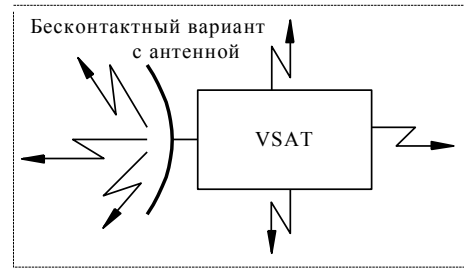
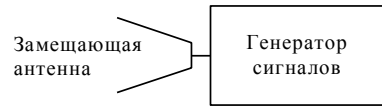
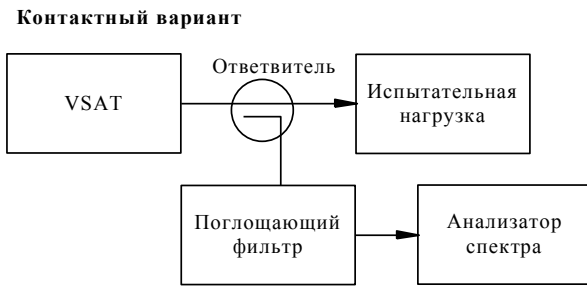
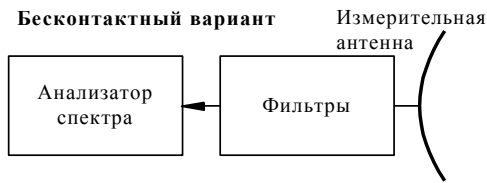
- для частоты – не хуже ± 10 кГц,
- для излучаемой мощности не хуже ± 0.75 дБ,
- для побочных излучений, измеряемых контактным методом – не хуже ± 4 дБ,
- для побочных излучений, измеряемых бесконтактным методом – не хуже ± 6 дБ,
- для коэффициента усиления антенны в главном направлении – не хуже ± 0.5 дБ.

Измерение несущей частоты с заданной точностью может производиться как с помощью анализатора спектра, так и с помощью электронного частотомера (допускающего работу в заданной полосе частот).

Измерение уровней побочных излучений

Измерение уровней побочных излучений мощности проводится как контактным, так и бесконтактным методом, см. рис. Подключенный через ответвитель анализатор спектра позволяет предварительно выявить частоты побочных излучений. Дальнейшее измерение в бесконтактных вариантах проводится методом замещения с антенной VSAT или испытательной нагрузкой. В ряде случаев, при измерении контактным методом на антенном фланце, может дополнительно применяться циркулятор с согласованной нагрузкой.

Схема измерения побочных излучений



Измерение плотности ЭИИМ внеосевого излучения

Для измерения ЭИИМ внеосевого излучения (кополярная и кроссполяризационная составляющие) необходимо знать плотность потока излучаемой мощности и диаграмму направленности передающей антенны, а для определения диаграммы направленности антенны на излучение необходимо знать коэффициент усиления передающей антенны. Схемы измерения плотности выходной мощности передатчика (дБВт/4 кГц), коэффициента усиления передающей антенны (дБ), диаграммы направленности передающей антенны (дБ) приведены на рис.

Схема измерения плотности выходной мощности передатчика

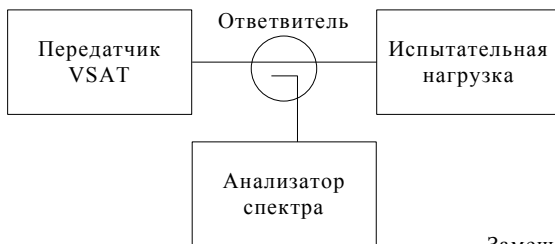


Схема измерения коэффициента усиления передающей антенны

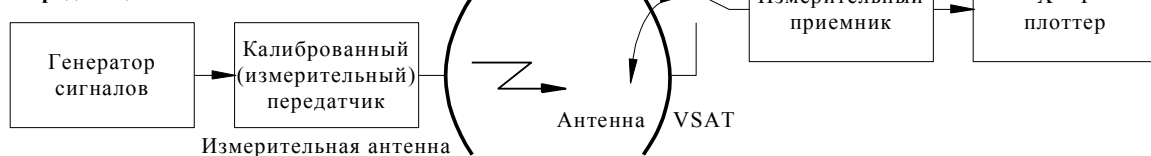


Схема измерения диаграммы направленности передающей антенны



Коэффициент усиления G и диаграмма направленности измеряются в дальней зоне (или в ближней при наличии достоверных методов получения идентичных дальней зоне ре-

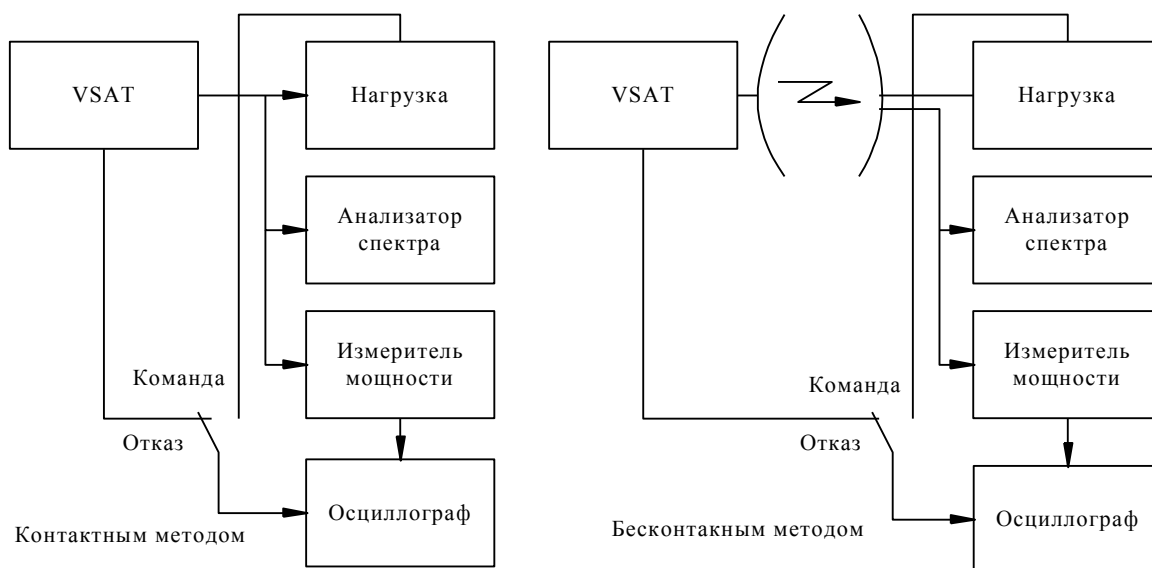
зультатов) как $G = L_1 - L_2 + C$, где L_1 – уровень, полученный на антенне VSAT (с подстройкой поляризатора до максимума), L_2 – уровень, полученный от замещающей антенны, C – калибровочный коэффициент усиления замещающей антенны на испытательной частоте, все в дБ. Диаграмма направленности определяется при изменении положения антенны VSAT как по углу места, так и по азимуту. При этом оценивается и поляризационная развязка на передачу.

Оценка соответствия механическим требованиям

Определение стабильности наведения осуществляется расчетным способом. На первом этапе на основе данных о максимальной скорости ветра и габаритах VSAT оцениваются кинематическая вязкость конструкций, силы воздействия, вращающие моменты и эквивалентные статические напряжения к основным элементам и критическим точкам VSAT: рефлектору, точкам крепления опор, стойкам, выносному блоку малошумящего усилителя. На втором этапе исходя из свойств конструкционных материалов составляющих VSAT оценивается сопротивление механическому напряжению на краях критических точек и оценивается возможность механического разрушения.

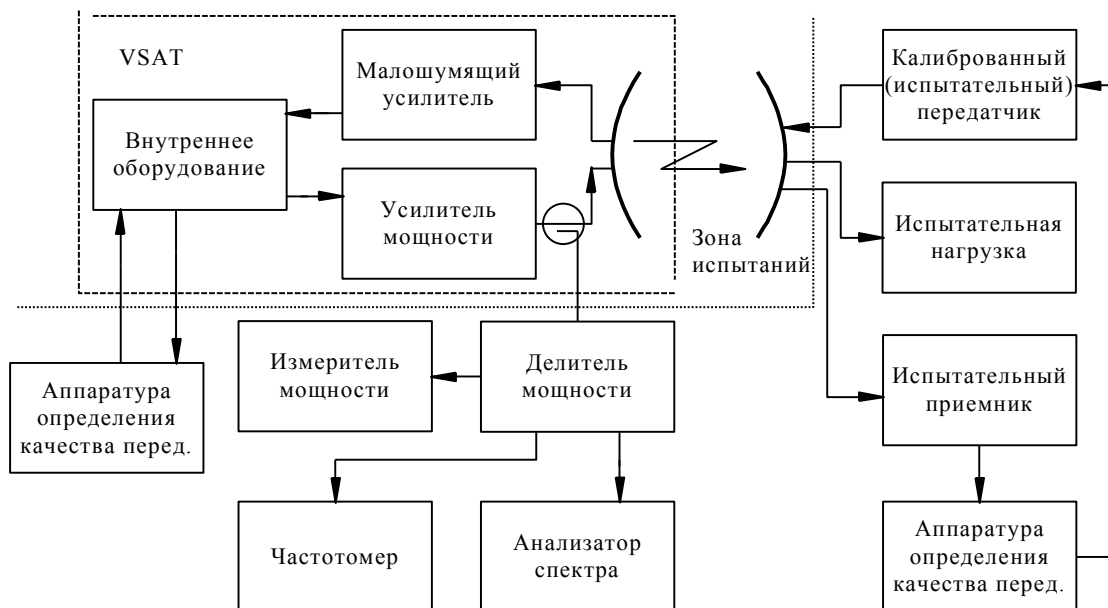
Испытания функций управления: оценивается возможность дистанционного включения и выключения (подавления) несущей и время задержки выполнения команды, см. рис. Проверяется отклик на отказ VSAT, имитируемый как в приемной части, так и в процессоре.

Схемы испытаний функций управления



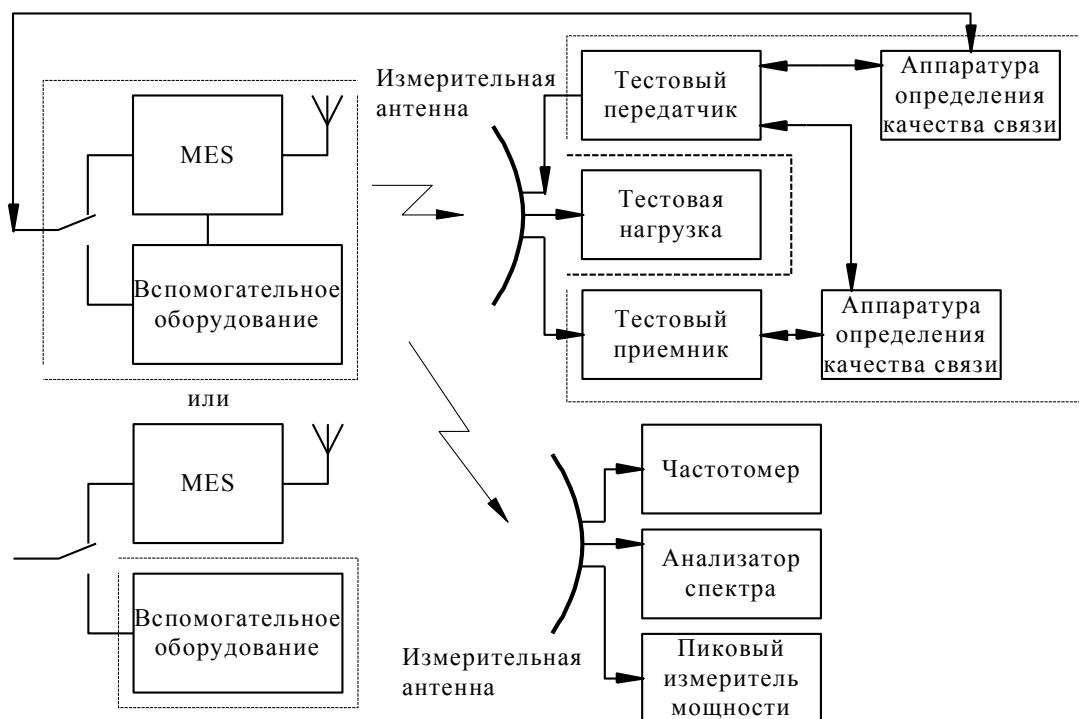
Определение параметров качества передачи

В соответствии со стандартом EN 300673 "Вопросы электромагнитной совместимости и радиочастотного спектра (ERM); стандарт по электромагнитной совместимости для терминалов с очень малой апертурой (VSAT), спутникового сбора новостей (SNG), спутниковых интерактивных терминалов (SIT) и спутниковых пользовательских терминалов (SUT), работающих в полосах частот от 4 ГГц до 30 ГГц в фиксированной спутниковой службе (FSS)" проведение испытаний земных станций спутниковой связи и измерения качества передачи (QTMA) должно соответствовать схеме на рис.



Радиоиспытания земных станций подвижной спутниковой службы

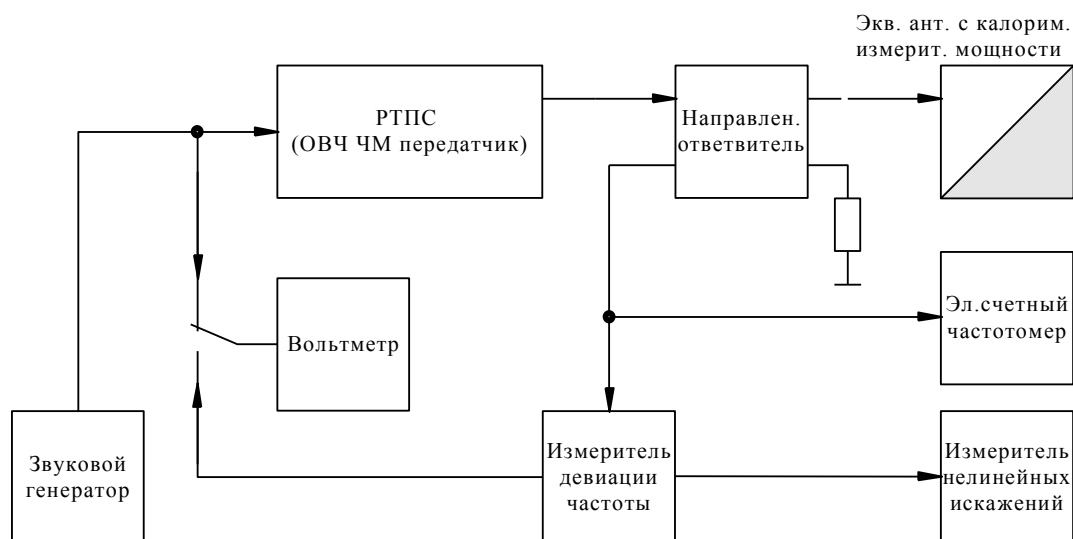
Гармонизированный европейский стандарт EN301441 "Гармонизированные Европейские нормы (EN) для подвижных спутниковых земных станций (MESs), включая земные станции типа трубка в руке, для сетей персональной спутниковой связи (S-PCN) в полосах частот диапазона 1.6/2.4 ГГц подвижной спутниковой службы (MSS) и удовлетворяющих существенным требованиям статьи 3.2 Директивы RTTE" определяет условия внешних воздействий (температуру, напряжение, вибрацию), основные требования, порядок и содержание испытаний на соответствие техническим требованиям, см. рис. (точность измерения радиочастоты (частотомером) должна быть не хуже $\pm 0.1 \cdot 10^{-6}$). Испытательный модулирующий сигнал – псевдослучайная цифровая последовательность длиной не менее 511 бит, соответствующая Рекомендации O.153 CCIT [2 Ст].



Лекция 7. Измерения и контроль параметров канала звука ТВ передатчиков и передатчиков ЧМ/FM

Литература: Иванов В.К. Оборудование радиотелевизионных передающих станций. – М.: Радио и связь, 1989. –336с.

Основные качественные показатели канала звука (по ГОСТ 11515 – 75): девиация частоты, мощность радиосигнала, нестабильность средней частоты (нестабильность разностной частоты для радиотелевизионной передающей станции), неравномерность АЧХ в полосе 30 ... 15000 Гц, коэффициент нелинейных искажений, защищенность от интегральной помехи (по средней или разностной частоте), уровень паразитной АМ (ПАМ), уровень сопутствующей ПАМ (СПАМ). Измерения производятся по схеме на рис., см. ниже, по ГОСТ 11515 – 75. При всех измерениях цепи предварительной коррекции в передатчике и обратной коррекции в измерителе девиации частоты (с $\tau=50$ мкс) должны быть включены.



Мощность выходного радиосигнала канала звука измеряется в отсутствие модуляции (обычно калориметрическим способом на эквиваленте антенны).

Нестабильность частоты измеряется традиционным способом с помощью электронно-счетного частотомера.

Неравномерность АЧХ измеряют дискретно по точкам на частотах 30, 40, 63, 125, 250, 500, 1000 (800), 2000, 4000, 10000, 15000 Гц, с постоянным уровнем сигнала от генератора 775 мВ, контролируемым вольтметром. При измерении сигнал на выходе измерителя девиации оценивается тем-же вольтметром, при постоянной девиации ± 50 (± 30) кГц. Неравномерность оценивается относительно уровня сигнала 1000 (800) Гц, в дБ, и должна составлять не более ± 0.5 дБ в полосе от 100 до 10000 (от 80 до 8000) Гц и не более -2 дБ за пределами этой полосы.

Коэффициент гармоник или коэффициент нелинейных искажений (THD или THD+N) (среднеквадратическое значение) измеряют с помощью измерителя нелинейных искажений на фиксированных частотах 30, 63, 125, 250, 500, 1000 (800), 2000, 4000, 6300 и 7000 Гц при девиации ± 50 кГц.

Защищенность от интегральной помехи (уровень ЧМ шума) определяется как отношение, в дБ, напряжения полезного сигнала на выходе измерителя девиации частоты к напряжению внутренних помех в ЧМ канале без сигнала. Напряжение помех измеряют только в канале звука с использованием псофометрического фильтра. Характеристика

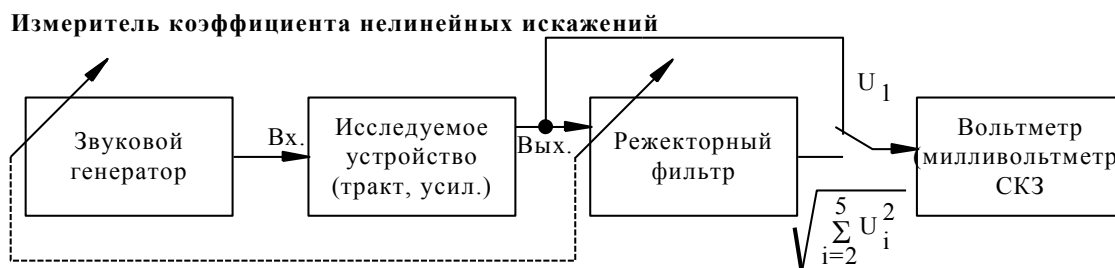
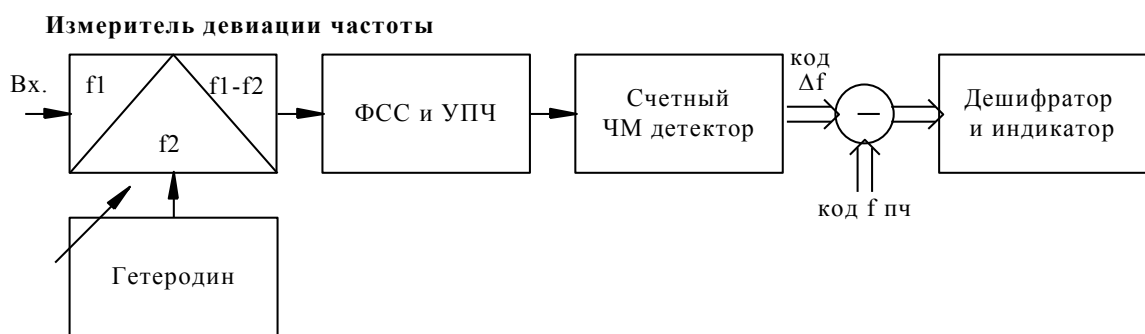
такого фильтра стандартизирована и приведена в ГОСТ 20532–83 и ГОСТ 11515–75. Для канала звука ТВ передатчика этот показатель измеряется по разностной частоте дополнительно для паразитного влияния ЧМ шума от несущей изображения, т.к. паразитная фазовая модуляция несущей изображения присутствует на выходе канала звукового сопровождения телевизора и воздействует на слушателя. Возможное взаимное влияние ЧМ шума и ЧМ фона при измерениях устраняют применением ФНЧ (измеряется ЧМ фон) и ФВЧ (измеряется ЧМ шум) с частотой среза 200 Гц.

Паразитная амплитудная модуляция (ПАМ) – характеризует степень сглаживания пульсаций напряжений источников питания, а также уровень комбинационных составляющих, возникших при преобразованиях и умножениях в тракте возбuditеля передатчика. Измеряется детектором огибающей (измерителем девиации частоты).

Сопутствующая паразитная амплитудная модуляция (СПАМ) – возникает в тракте при девиации частоты из-за неравномерности АЧХ канала в полосе девиации. Для измерений используется детектор огибающей (измеритель девиации частоты) при девиации частоты ± 50 кГц.

Используемые измерители девиации частоты строятся по гетеродинной или супергетеродинной схеме с низкой оконечной промежуточной частотой, которая измеряется с помощью специального счетного детектора. Отклонение показаний такого детектора (обычно 1 МГц) характеризует девиацию частоты ЧМ сигнала. Аналоговые измерители нелинейных искажений включают перестраиваемый звуковой генератор с согласованным по частоте настройки высокодобротным режекторным фильтром и вольтметр (милливольтметр) среднеквадратических значений напряжения, см. рис., обеспечивающий измерение $K_r = \frac{\sqrt{U_2^2 + U_3^2 + U_4^2 + U_5^2}}{U_1}$.

$$K_r = \frac{\sqrt{U_2^2 + U_3^2 + U_4^2 + U_5^2}}{U_1}$$



Лекция 8. Измерения и контроль параметров канала изображения телевизионных передатчиков

Литература: Иванов В.К. Оборудование радиотелевизионных передающих станций. – М.: Радио и связь, 1989. –336с.

При работе радиотелевизионных передающих станций (РТПС) различают два основных вида измерений: периодические измерения, выполняемые в порядке регламентной проверки (обычно один раз в квартал) и измерения в процессе передачи, дающие оперативную информацию о состоянии оборудования.

Периодические (регламентные) измерения проводят в свободное от ТВ вещания время с помощью периодически генерируемых испытательных сигналов, вырабатываемых специальными генераторами (датчиками). В это время объективно оценивают состояние оборудования и, если необходимо, настраивают его до соответствия требованиям нормативной документации. Для таких измерений в основном используют: анализатор спектра боковых полос, образцовый демодулятор изображения, генератор ТВ испытательных сигналов и широкополосный осциллограф (с блоком выделения строк). Часто такие приборы объединяют в состав специальных измерительных комплексов.

В состав таких измерений входят:

- проверка (при необходимости регулировка) режимов работы всех усилительных каскадов и блоков,
- проверка АЧХ и согласования в тракте передачи сигналов изображения,
- установка заданной диаграммы уровней сигналов по тракту и соотношения сигналов на входе и выходе передатчика,
- измерение выходной мощности на эквиваленте нагрузки,
- измерение (и корректировка при необходимости) линейных искажений,
- измерение (и корректировка при необходимости) нелинейных искажений,
- измерение (и устранение) прочих видов искажений,
- субъективная оценка качества изображения на входе и выходе.

Измерения в процессе передачи. Для контроля характеристик РТПС в процессе передачи нельзя использовать периодический измерительный сигнал. В случае таких измерений обычно используют интервал времени кадрового гасящего импульса, не используемый для передачи сигналов изображения. Обратный ход заканчивается примерно на 10 – 12 строке после начала кадрового импульса синхронизации, а полезный сигнал записывается начиная с 23 строки. Поэтому для передачи вспомогательных сигналов используют 16 – 18 и 329 – 331 строки (сигналы контроля международных ТВ каналов или централизованного контроля внутри страны), 19 – 21 и 332 – 334 строки (аналогичные сигналы местного контроля). При этом строки 16 или 19 используют для опознавания пунктов введения сигналов контроля; 329 и 332 – для сигналов телеуправления и телеметрии; строки 17, 18, 330, 331 и 20, 21, 333, 334 – для испытательных сигналов. В строке 6 передаются сигналы частоты и времени. Испытательные сигналы используют для измерения параметров контролируемого тракта в процессе передачи основной ТВ программы. К наиболее часто используемым вспомогательным и испытательным сигналам относят строки **А, В, С, D, Е**. Сигнал опознавания **А** представляет четыре прямоугольных импульса с изменяемой длительностью, что позволяет опознать 10000 пунктов введения сигналов контроля. Испытательная строка **В** содержит:

- эталонный импульс белого уровня 0.7 В длительностью 10 мкс для оценки глубины модуляции радиосигнала изображения,

- простой синусквадратичный импульс длительностью 0.16 мкс на уровне 0.5 от максимального размаха, предназначенный для оценки линейных искажений в области средних и малых времен,
- сложный синусквадратичный импульс с заполнением цветовой поднесущей для оценки линейных искажений в области больших (оггибающая сигнала) и малых (заполнение сигнала) времен,
- пятиступенчатый сигнал, используемый для оценки нелинейных искажений в канале яркости.

Испытательная строка **С** содержит сигнал сравнения и шесть пачек импульсов (0.5, 1, 2, 4, 4.8, 5.8 МГц), передаваемых с максимальным уровнем 0.57 В для уменьшения влияния нелинейных искажений, предназначенные для оценки АЧХ ТВ тракта.

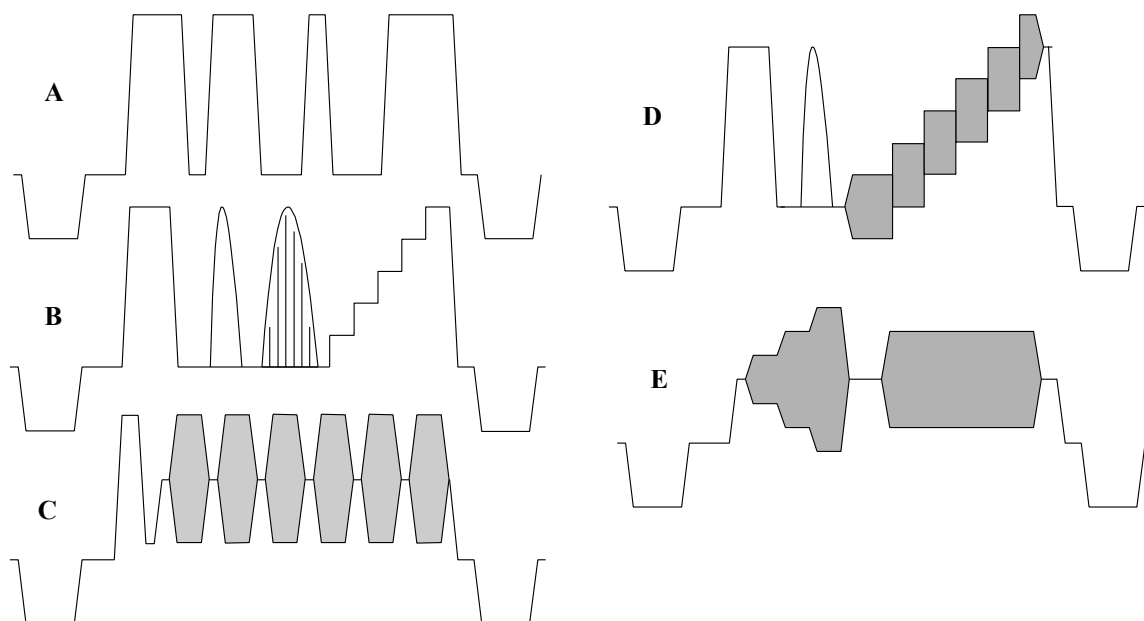
Испытательная строка **Д**, передаваемая в другом поле, содержит:

- эталонный импульс белого длительностью 10 мкс,
- простой синусквадратичный импульс,
- пятиступенчатый сигнал с наложенным синусоидальным колебанием 4.43 МГц без изменения фазы насадки.

Испытательная строка **Е** содержит передаваемые на общем основании:

- трехступенчатый сигнал цветовой поднесущей с соотношением размахов 1:3:5 и максимальной величиной размаха 0.7 В,
- пакет колебаний немодулируемой поднесущей цветности длительностью 26 мкс и размахом 0.42 В.

Сигналы **Д** и **Е** предназначены для оценки искажений, вызванных влиянием канала цветности на канал яркости и канала яркости на канал цветности (дифференциальное усиление и дифференциальная фаза).



Современное контрольное оборудование, обеспечивающее автоматизированные измерения параметров, обычно строится на основе программно управляемых генератора и осциллографа (плат ввода и вывода), управляемых персональным компьютером.

Лекции 9 и 10. Измерение характеристик канала изображения

Литература: Кривошеев М.И. Основы телевизионных измерений. –М.: Радио и связь, 1989. –608с.

Линейные искажения характеризуют комплексным коэффициентом передачи $K(j\omega) = K(\omega)\exp[j\varphi(\omega)]$ и оценивают по амплитудно- ($K(\omega)$) и фазочастотным ($\varphi(\omega)$) или по переходным характеристикам. Искажения *амплитудно-частотной характеристики* (АЧХ) – это отклонения зависимости $K(\omega)$ от прямой линии, а искажения *фазочастотной характеристики* (ФЧХ) – это отклонения графика $\varphi(\omega)$ от линейно растущей функции. Если нелинейна АЧХ – нарушается соотношение между амплитудами различных гармоник, а если нелинейна ФЧХ – различные гармоники задерживаются на различное время. Фазовый сдвиг характеризуется параметром (соответствующим тангенсу угла наклона ФЧХ), называемым *временем распространения фазы* $t_{\varphi}(\omega) = [\varphi(\omega)]/\omega$, а его зависимость от частоты – *характеристикой времени распространения или запаздывания фазы*. Однако измерения ФЧХ и времени запаздывания фазы требуют сравнения фаз на входе и выходе, что иногда затруднительно, поэтому на практике пользуются характеристикой *группового времени запаздывания* (ГВЗ), определяемой как $t_{gp}(\omega) = \frac{d\varphi(\omega)}{d\omega}$. Для измерения АЧХ и ФЧХ искажений используется

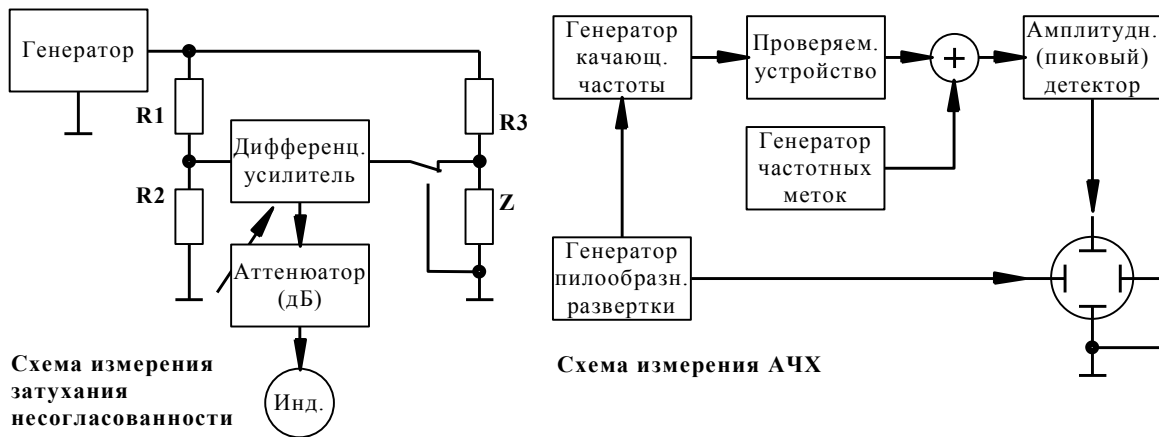
преимущественно частотный (гармонический) метод оценки, применяемый в распространенных панорамных измерителях АЧХ и ГВЗ, см. рис. Однако использование таких приборов не позволяет адекватно предсказать ожидаемые временные искажения передаваемого сигнала. Применение импульсного (временного) метода оценки таких искажений основано на оценке реакции канала на единичный скачок напряжения. Переходная характеристика однозначно, через импульсную характеристику, связана с комплексным коэффициентом передачи с помощью преобразований Фурье. Для оценки таких искажений используют широкополосный осциллограф, позволяющий оценить время нарастания сигнала (от 10% до 90% уровня), степень искажений плоской (пологой) части импульса, уровень выбросов и скорость затухания переходного колебательного процесса, а также измерительные импульсы (вырабатываемые генератором), обладающие спектром, соответствующим рабочей полосе пропускания канала. В связи с тем, что проявление линейных искажений на изображении зависят от их длительности импульсные характеристики измеряют в разных областях времен: очень больших, больших, средних и малых, с учетом соотношений и различий между передаваемыми одновременно сигналами яркости и цветности. Отметим, что искажения АЧХ и ФЧХ также могут возникать из-за плохого согласования соединительных кабелей со входом и выходом ТВ аппаратуры, которое оценивается затуханием несогласованности

$a_{зн} = 20\lg \left| \frac{Z_0 + Z}{Z_0 - Z} \right|$ относительно номинального значения Z_0 . При использовании им-

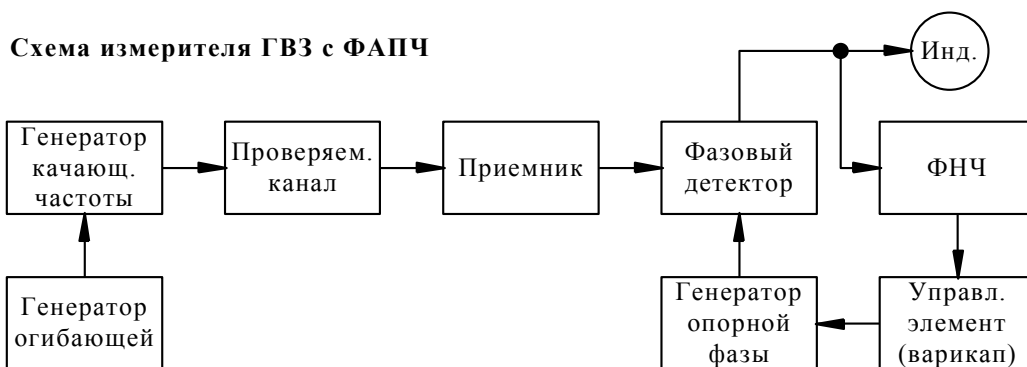
пульсных методов $a_{зн} = 20\lg \left| \frac{A1}{A2} \right|$, где $A1$ и $A2$ – размахи исходного и отраженного

сигналов. Схема измерения затухания несогласованности и АЧХ на рис. При измерении затухания несогласованности в схеме моста $R1, R2, R3, Z$ ($R1=R2=R3=R_0$), измеряется отношение напряжения на $R2$ (переключатель в нижнем положении) к напряжению в

диагонали моста (переключатель в верхнем положении). При этом, при логарифмической шкале напряжений, $a_{\text{зн}} = 20 \lg \left| \frac{R_0 + Z}{R_0 - Z} \right| = 20 \lg \frac{|U_{R2}|}{|U_{\text{вх ДУ}}|} = A1[\text{дБ}] - A2[\text{дБ}]$.



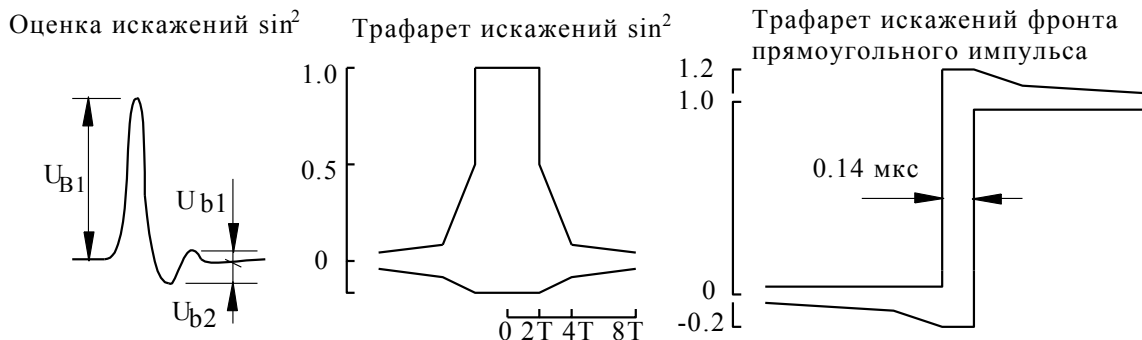
Измерение ГВЗ возможно несколькими методами (временного и частотного объединения с опорным сигналом, использования узкополосного фильтра и ФАПЧ, применения частотного детектирования с интегрированием огибающей), среди которых широкое применение получили методы на основе ФАПЧ, см. рис.



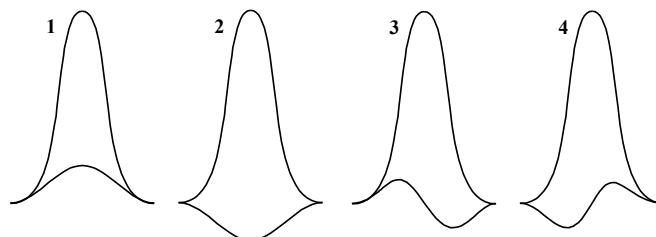
В передающей части измерителя ГВЗ испытательный сигнал формируют с помощью генератора качающейся частоты. В приемной части генератор опорной фазы, аналогичный генератору огибающей, управляется с помощью сигнала с выхода фазового детектора и ФНЧ (во избежание демодуляции). Среднее значение напряжения на индикаторе, полученное на качающейся и фиксированных частотах служит мерой разности ГВЗ.

Переходные искажения измеряют с помощью генератора прямоугольных импульсов (стандартных ТВ измерительных сигналов) и широкополосного осциллографа. Однако при этом учитывают, что длительность фронта переходной характеристики проверяемого канала $\tau_{\text{ф}}$ связана с длительностью фронта переходной характеристики осциллографа τ_0 и длительностью фронта, измеренной на экране осциллографа $\tau_{\text{п}}$ как $\tau_{\text{ф}} = \sqrt{\tau_{\text{п}}^2 + \tau_0^2}$. Отношение $\tau_0/\tau_{\text{ф}}$ характеризует погрешность измерения, так при этом отношении, равном 1, погрешность составляет примерно 40%, а при $\tau_0 < 0.25 \cdot \tau_{\text{ф}}$ вносимая ошибка не более 3% и ею обычно пренебрегают. Наличие искажений определяется по трафаретам предельных значений искажений, см. рис. ниже. Искажения в обла-

сти больших времен оценивают по неравномерности плоской части видео импульсов как $\delta A = [\Delta U_A / U_A] \cdot 100\%$ (U_A – амплитуда тестового сигнала), а в области средних времен как $\delta_{т.п.} = [\Delta U_B / U_Y] \cdot 100\%$ (U_Y – амплитуда эталонного импульса белого), характеризующая тянущиеся продолжения среза. В области малых времен искажения преимущественно оцениваются с помощью \sin^2 импульса.



Допустимые искажения синусквадратичного импульса также могут определяться по трафарету (T – ширина исходного импульса на половине его амплитуды) или по форме получаемого сигнала, см. рис., как относительное отклонение размаха \sin^2 импульса: $\delta U_{B1} = [(U_{B1} - U_Y) / U_Y] \cdot 100\%$, где U_Y – амплитуда исходного \sin^2 импульса, равная амплитуде эталонного импульса белого или по как относительные размахи выбросов по краям (оценивается максимальные положительный и отрицательный выбросы): $\delta U_{b1} = [U_{b1} / U_Y] \cdot 100\%$ и $\delta U_{b2} = [U_{b2} / U_Y] \cdot 100\%$. Ряд особенностей \sin^2 импульсов (форма импульсов при $2T=1/f_{гр}$ близка к характеристике плотности апертуры считывающего луча ТВ передающей трубки и форме ТВ сигнала одного элемента разложения) позволяют успешно оценивать по его искажениям искажения формы ТВ сигналов одиночных деталей изображения (уменьшение амплитуды – снижение контрастности, увеличение длительности – появление "размытости" или снижение четкости изображения). Использование двух видов таких импульсов доставляет в определенной степени неудобство, однако на практике чаще используют сложные синусквадратичные импульсы, дополнительно позволяющие оценить взаимные искажения каналов яркости и цветности, см. рис. огибающих откликов такого импульса при: 1) спаде АЧХ, 2) подъеме АЧХ, 3) опережении сигналом яркости сигнала цветности или при дополнительном изменении АЧХ (меняется еще и амплитуда), 4) опережении сигналом цветности сигнала яркости или при дополнительном изменении АЧХ (меняется еще и амплитуда).



Нелинейные искажения возникают из-за нелинейных используемых свойств усилителей и преобразователей ТВ сигнала. Среди них различают *статические* (не зависящие от частоты сигнала) и *динамические* (зависящие от частоты сигнала) нелинейные искажения. Статические характеризуют качество воспроизведения градаций яркости и цвета крупных участков, а динамические – качество воспроизведения мелких элементов изображения и сигнала цветности. Оценивают такие искажения по форме *амплитудной*

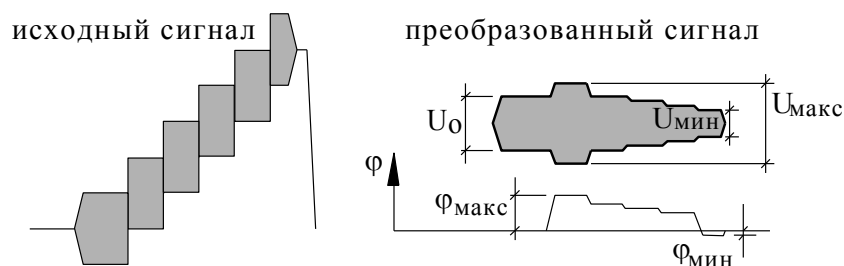
характеристики: $U_{\text{ВЫХ}} = f(U_{\text{ВХ}})$. Нелинейность ТВ канала также оценивают по изменению отношения $\Delta U_{\text{ВЫХ}}/\Delta U_{\text{ВХ}}$ или производных $dU_{\text{ВЫХ}}/dU_{\text{ВХ}}$ (крутизне). Как правило для измерения амплитудной характеристики используют пилообразный или ступенчатый (с равными ступенями) сигналы. Наличие нелинейности приводит к искажению идеальной формы такого сигнала, а по степени отличия оценивают величину нелинейных искажений. Для измерения изменения крутизны амплитудной характеристики ($dU_{\text{ВЫХ}}/dU_{\text{ВХ}}$ или $\Delta U_{\text{ВЫХ}}/\Delta U_{\text{ВХ}}$) в канале яркости на пилообразный (ступенчатый) сигнал накладывают серию синусоидальных колебаний, а нелинейность оценивают на выходе по изменению формы выделенной фильтром (обычно встроенным в ТВ осциллограф) серии синусоидальных колебаний.

Наличие таких искажений в канале яркости приводит к изменению амплитудных и фазовых искажений в канале цветности, что связано со спецификой одновременной передачи сигналов яркости и цветности в ТВ тракте. Поэтому нежелательное изменение размаха сигнала цветности при изменении размаха сигнала яркости *называют дифференциальным усилением*, а нежелательное изменение фазы (фазового сдвига) сигнала цветности – *дифференциальной фазой*.

Так при использовании пятиступенчатого сигнала для канала яркости (ГОСТ 18471–83) нелинейность канала яркости оценивается как $\delta_Y = [(u_{\text{макс}} - u_{\text{мин}})/u_{\text{макс}}] \cdot 100\%$, где $u_{\text{макс}}$ и $u_{\text{мин}}$ – максимальная и минимальная амплитуда ступенек. При оценке дифференциальных искажений используют пятиступенчатый сигнал с наложенным синусоидальным колебанием 4.43 МГц без изменения фазы насадки и трехступенчатый сигнал цветовой поднесущей. Дифференциальное усиление, см. рис., оценивается как

$$\delta_{DU} = \begin{cases} x, & \text{если } x \geq y \\ -y, & \text{если } x < y \end{cases}, \text{ где } x = [(U_{\text{макс}} - U_0)/U_0] \cdot 100\%, \text{ а } y = [(U_0 - U_{\text{мин}})/U_0] \cdot 100\%,$$

где U_0 , $U_{\text{макс}}$, $U_{\text{мин}}$ – размахи цветовой поднесущей (на выходе полосового фильтра осциллографа) уровней гашения, наибольшего и наименьшего значения. Часто т.н. суммарное значение дифференциального усиления оценивается по формуле $\delta_{DU}^{\text{сум}} = x + y = [(U_{\text{макс}} - U_{\text{мин}})/U_0] \cdot 100\%$. Кроме специального ТВ осциллографа измерять дифференциальные искажения можно с помощью вектроскопа (осциллограф в векторном X–Y режиме со специальным трафаретом допустимых искажений) и автоматических микропроцессорных измерителей (осуществляющих по заданному алгоритму поиск сигнала, выделение первичных параметров и расчет итогового значения). Дифференциальная фаза оценивается как $\Delta\phi_D = \phi_{\text{макс}} - \phi_{\text{мин}}$, где значения фазы оцениваются путем выделения квадратурных составляющих поднесущей (на экране вектроскопа) или с помощью частотного (фазового) детектирования. При частотном детектировании выделяется мгновенное значение частоты, а при фазовом – результат сравнения с опорным сигналом, в качестве которого используется поднесущая выделенная из состава измерительного сигнала или сформированная самостоятельно.



Вопросы для самопроверки по курсу

1. Как измерения в телекоммуникационных системах связаны с качеством предоставляемых услуг связи
2. Какие характеристики используются для оценки работы цифр. транспортных сетей
3. Какие характеристики используются для оценки работы кабельных линий и систем
4. Какие характеристики используются для оценки работы радиочастотных систем
5. Какие характеристики используются для оценки работы телефонных сетей общего пользования
6. Расскажите про использование стандартных тестовых последовательностей для измерения показателей ошибок в цифровых каналах связи
7. Расскажите про измерение показателей ошибок без отключения каналов связи
8. Расскажите о требованиях к основным режимам работы (по синхронизации) цифровых транспортных сетей
9. Какие параметры используют для оценки стабильности используемых задающих генераторов синхронизируемых цифровых сетей
10. Что такое джиттер и как он измеряется
11. Что такое вандер и как он измеряется
12. Какие характеристики используются для оценки работы УКВ ЧМ радиостанций
13. Приведите схему и поясните порядок измерения основн. характеристик передатчика
14. Что такое и как измеряется чувствительность (при SINAD 12 дБ)
15. Что такое и как измеряется избирательность по соседнему каналу
16. Приведите схему и поясните порядок измерения основн. характеристик приемника
17. Что относится к основным контролируемым параметрам земных станций спутниковой связи с малой апертурой (VSAT) и станций спутникового сбора новостей (SNG)
18. Приведите и поясните схему измерения побочных излучений
19. Приведите и поясните схему измерения ЭИИМ (эквивалентной изотропно излучаемой мощности)
20. Как проводятся испытания функций управления земных станций спутниковой связи
21. Приведите и поясните схему радиоиспытаний земных станций подвижной спутниковой службы
22. Какие показатели канала звука ТВ и УКВ ЧМ/ФМ передатчиков используются для оценки их работы
23. Как измеряется защищенность от интегральной помехи
24. Что такое и как измеряется ПАМ и СПАМ
25. Структурная схема и работа измерителя девиации частоты
26. Структурная схема и работа измерителя коэффициента нелинейных искажений
27. Какие виды измерений и как часто проводят при обслуживании радиотелевизионных передающих станций
28. Какие измерительные сигналы могут использоваться для контроля в процессе передачи. Что они позволяют оценить
29. Что такое ГВЗ (групповое время запаздывания) и как оно измеряется
30. Как измеряется АЧХ и ФЧХ канала изображения
31. Что такое затухание несогласованности и как оно измеряется
32. Как измеряются и что характеризуют переходные искажения телевизионного тракта
33. Какие нелинейные искажения различают в телевизионном тракте. Что они характеризуют
34. Что характеризует и как измеряется дифференциальное усиление
35. Что характеризует и как измеряется дифференциальная фаза