

Технологии и решения для тестирования систем спутниковой связи

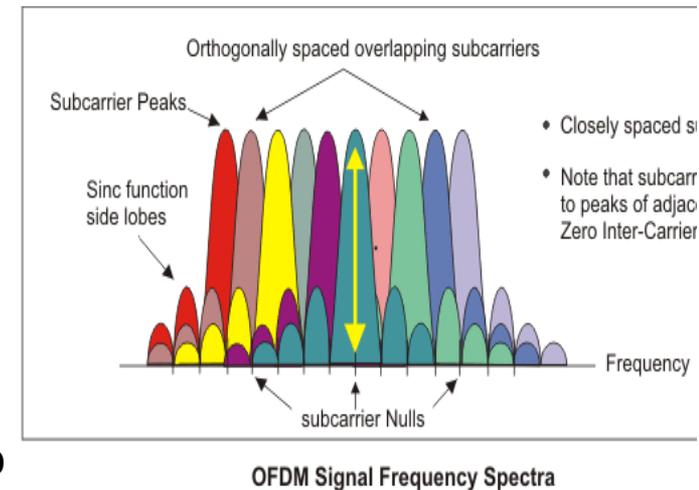


Специализированные решения для мониторинга спутниковых сигналов



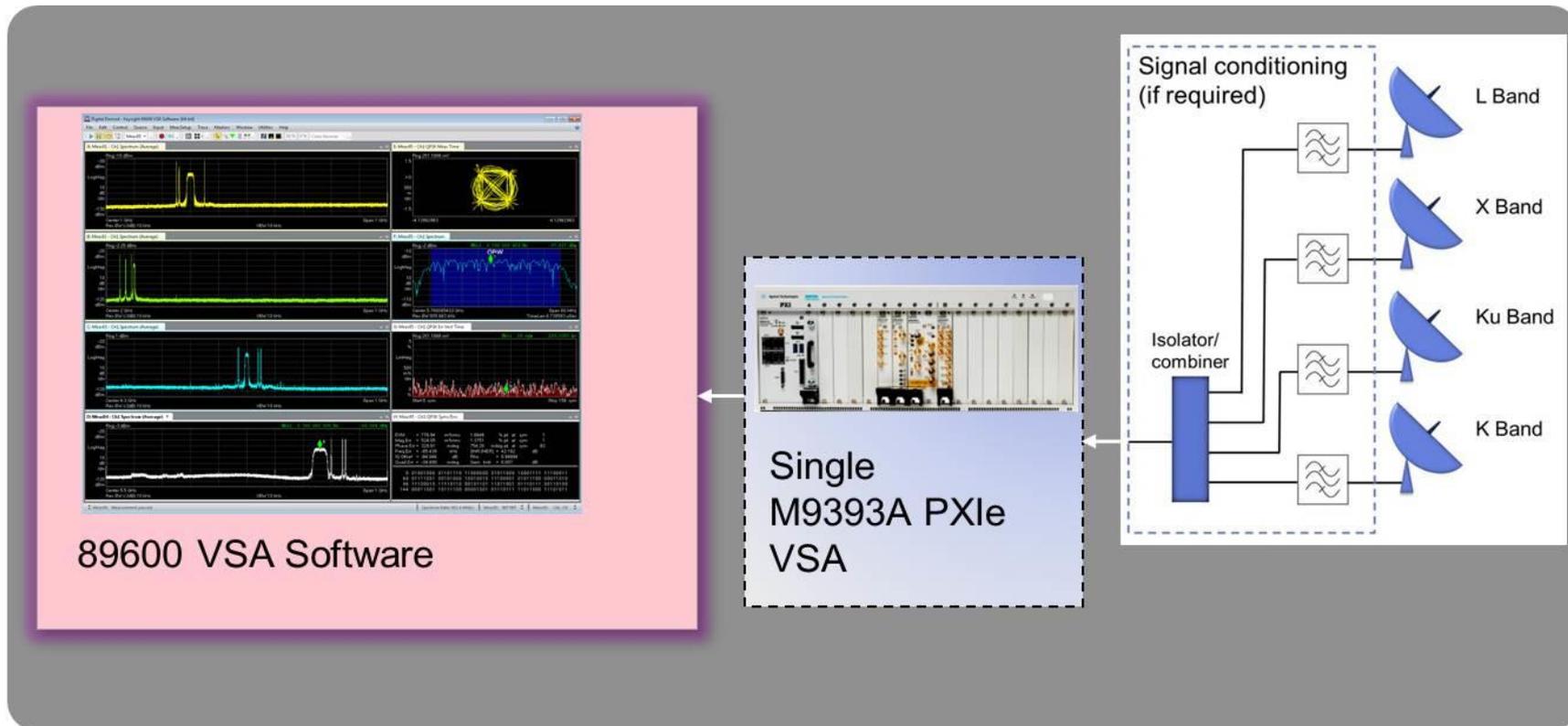
Ключевые тенденции в области мониторинга сигналов спутниковой связи

- Производители спутников, операторы и провайдеры разрабатывают методы для оптимальной структуризации сетей передачи и эффективного использования спектра
- Каждый диапазон частот в спутниковой отрасли содержит несколько несущих с разными форматами модуляции и символьными скоростями
- Необходимо детектировать и анализировать интерференцию между несущими
- Многоканальные транспондеры диктуют необходимость контроля спектра в широкой полосе
- Географическое разнесение станций предполагает наличие возможности удаленного подключения к приборам



Метод последовательного сканирования

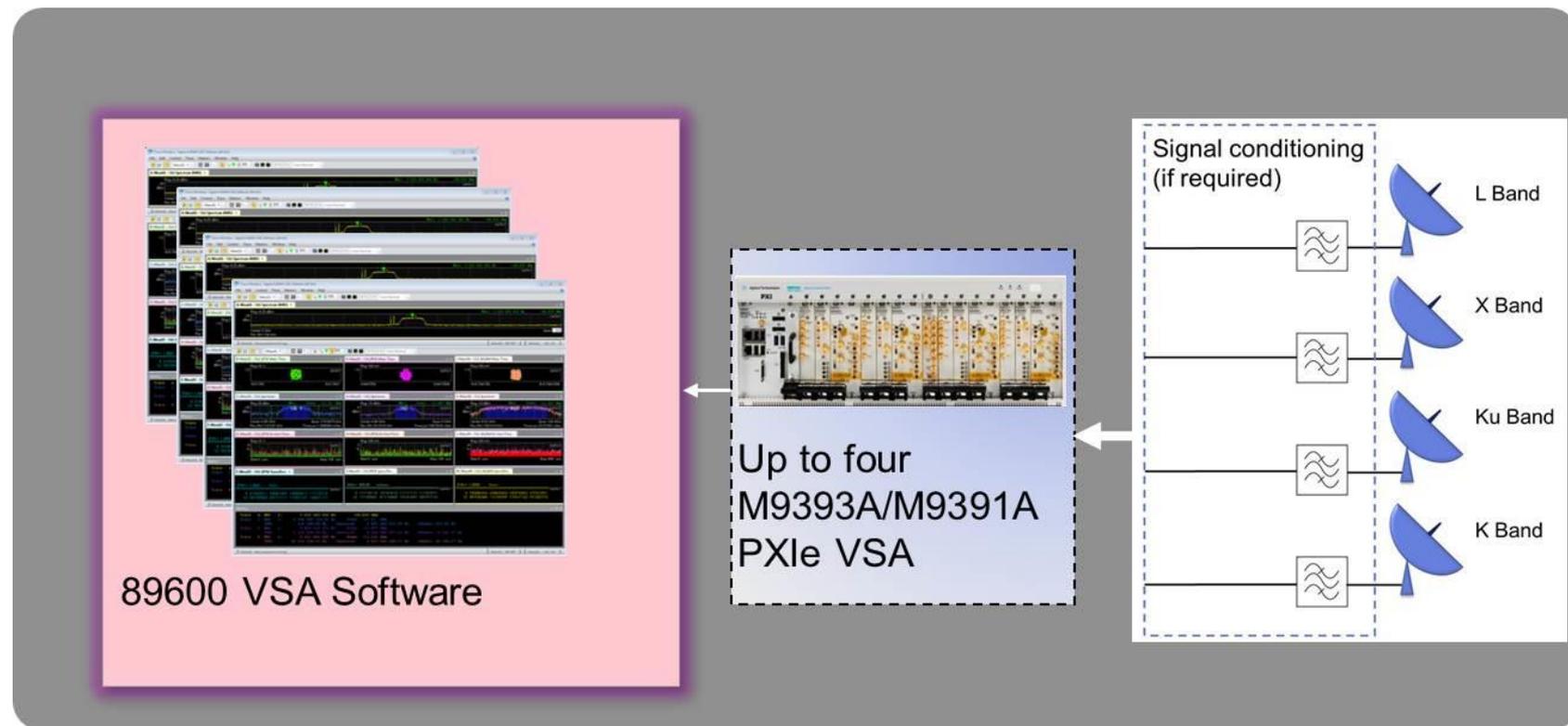
Использование одного широкодиапазонного анализатора сигналов, измерение спектра и цифровая демодуляция



- Низкое электропотребление и вес
- Оптимальная стоимость
- Легко масштабируется при увеличении числа каналов

Метод параллельного сканирования

Отдельный анализатор сигналов для каждого диапазона



- Обеспечивает параллельный сбор данных для всех диапазонов
- Возможно измерить временные интервалы между событиями в разных частотных диапазонах с точностью 1 нс

Мониторинг спутниковых сигналов

Производительное и эффективное решение для мониторинга больших участков спектра с возможностью комплексного анализа цифровой модуляции для определения уровня целостности сигнала в компактном исполнении

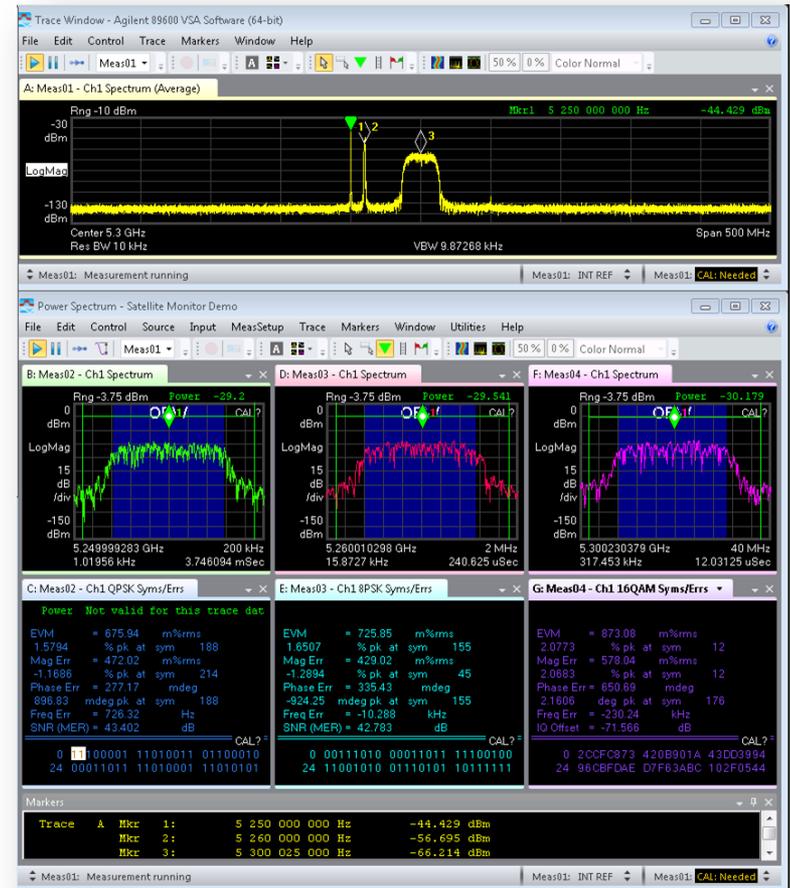
- Архитектура оптимизирована для достижения высоких скоростей обновления результатов измерений и сканирования в нескольких диапазонах
- Возможность исследовать с помощью цифровой демодуляции интересующие сигналы в полосе ПЧ
- Размеры и масса прибора позволяет создавать мобильные конфигурации



Мониторинг спутниковых сигналов

Анализ спектра и цифровая демодуляция

- Несколько одновременно выполняемых измерений
 - Анализ спектра в широком диапазоне
 - Мониторинг мощности в широком диапазоне
 - Измерение занимаемой полосы
 - Мониторинг мощности сигналов
 - Цифровая демодуляция
 - Анализ качества сигнала
- Поддерживает последовательное и параллельное сканирование, анализатор M9393A и ПО 89600



Платформа для векторного анализа VSA

Демодуляция важнейших сигналов связи

Cellular Communications

Wireless Connectivity

Audio/Video Broadcasting

Detection, Positioning, Tracking & Navigation

General RF & MW

Wireless Comms toward 5G

A/D, Satellite, MILCOM, GP

LTE-Advanced FDD/TDD
 LTE FDD/TDD
 W-CDMA/HSPA/HSPA+
 TD-SCDMA/HSPA
 GSM/EDGE/EDGE Evo
 cdma2000/1xEV-DO

802.11ac WLAN
 802.11n WLAN
 802.11a/b/g/p/j WLAN
 802.16 WiMAX
 802.15.4g Wi-SUN
 Bluetooth

ATSC, ATSC-M/H
 DVB-C, DVB-S, DVB-S2
 J.83A/B/C
 DOCSIS, ISDB-C
 DAB, DVB-T/H/SH

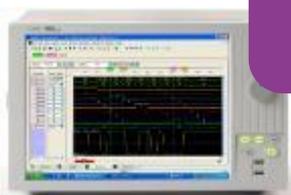
SOQPSK
 Custom APSK
 RFID
 Pulse Analysis
 FMCW Radar Analysis

AM/FM/PM Demod
 Flexible Digital Demod
 Custom IQ Demod
 Custom OFDM
 Distortion (AM/AM,
 AM/PM, Gain Compression)
 Channel Quality Meas
 Spectrum Analysis (SSA)

DOCSIS 3.1



EDA software



Logic analyzer



Oscilloscope



Modular



Signal analyzer

Необходимость использования ручных приборов

Инженерная задача:

Спутниковые системы работают с крайне протяженными линиями связи. Передавать сигналы требуется с большой мощностью, а измерения проводить на низкоуровневных сигналах. Также требуется оптимальное тестирование отдельных компонентов, желательно в одном приборе

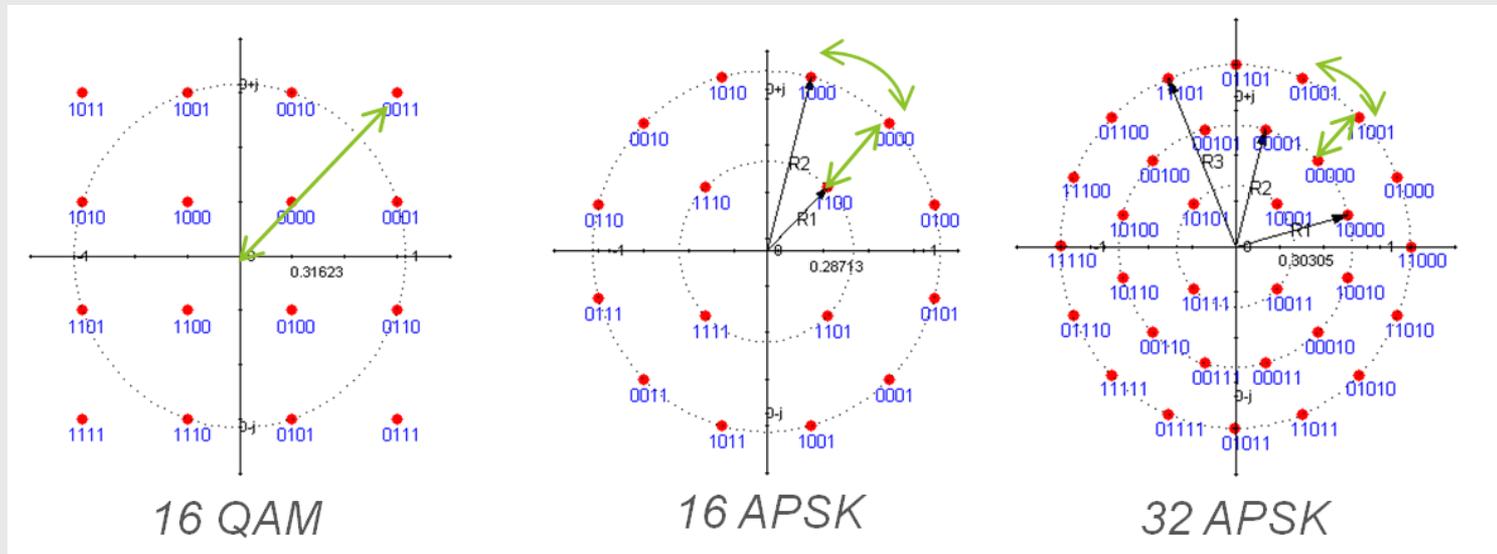


Решение:

Ручные анализаторы FieldFox выполнены в защищенном корпусе и имеют несколько способов удаленного управления. Доступно подключение датчиков мощности и измерение полной матрицы S-параметров. В ручном приборе достигается точность лабораторного инструмента, а также реализация концепции «10 приборов в одном»



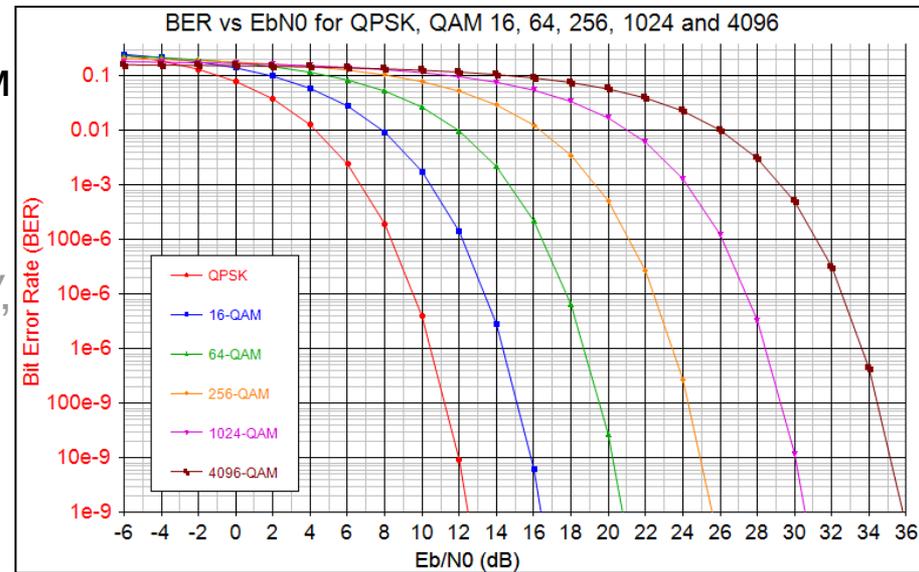
Диагностика искажений в сигналах с цифровой модуляцией



Контрольные сигналы с цифровой модуляцией

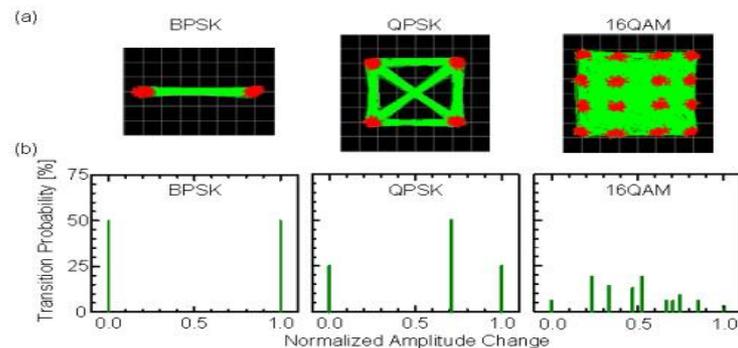
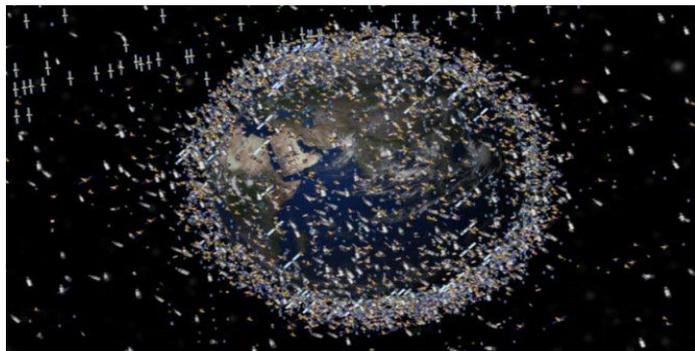
Задачи

- Сигнальное созвездие с более плотным расположением узлов более восприимчиво к искажениям
- Типовые искажения в спутниковых системах:
 - Фазовый шум, разбаланс КУ, смещение I/Q, компрессия усилителя, AM/AM, AM/PM
 - Искажения отражаются на EVM (error vector magnitude – величина вектора ошибки)
- Для более высоких индексов модуляции требуется лучше отношение сигнал-шум для заданного BER



Возможные сложности при отладке транспондеров

Больше спутников на орбите или увеличение емкости канала передачи?



Модуляция 16QAM и символьная скорость 1 Гсимв/с обеспечивают передачу данных 4 Гб/с

Решения Keysight Technologies позволяют создавать сигналы со сложной модуляцией в широкой полосе и обеспечивают долгое время записи/воспроизведения сигналов с редактированием «на лету»

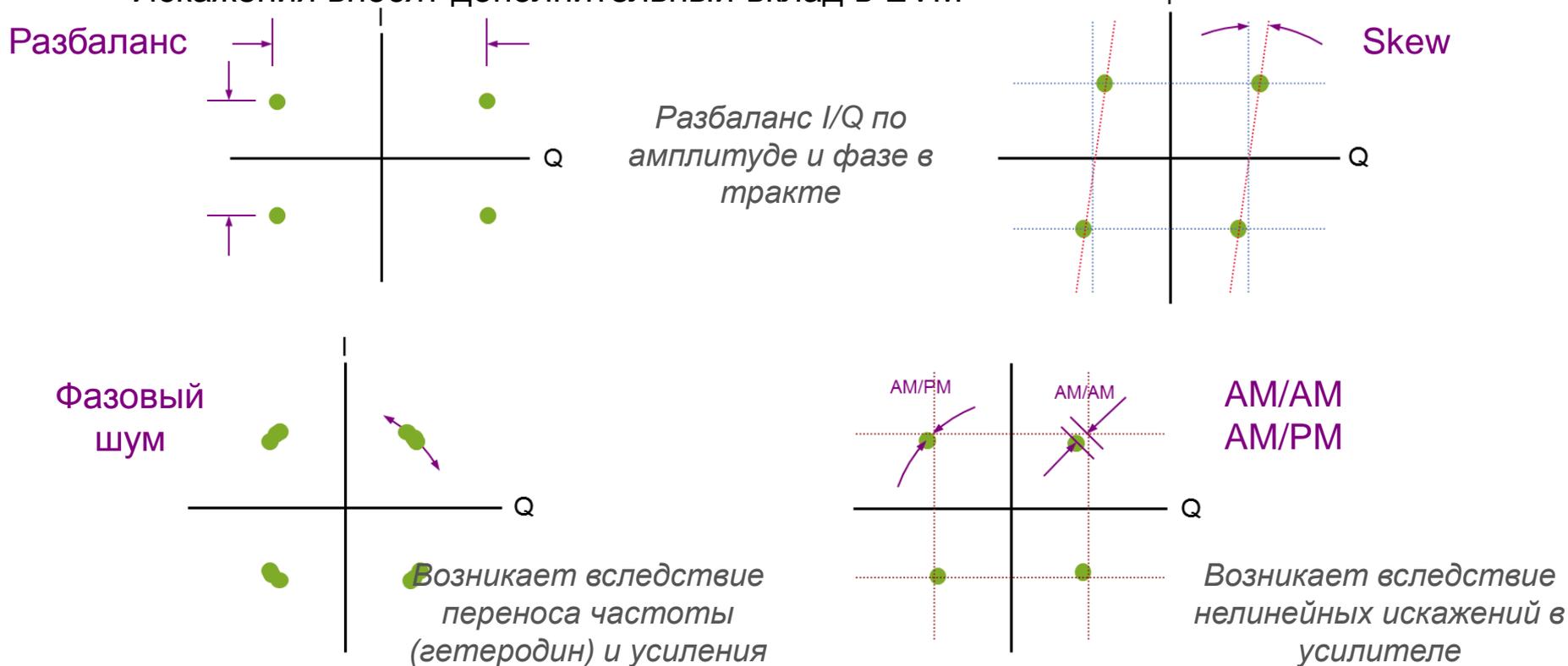


Figure 1: This four-instrument test setup enables testing of both receivers and transmitters.

Контрольные сигналы с цифровой модуляцией

Идентификация основных видов искажений

- Искажения ухудшают качество сигнала, потенциально снижая пропускную способность
- Искажения вносят дополнительный вклад в EVM

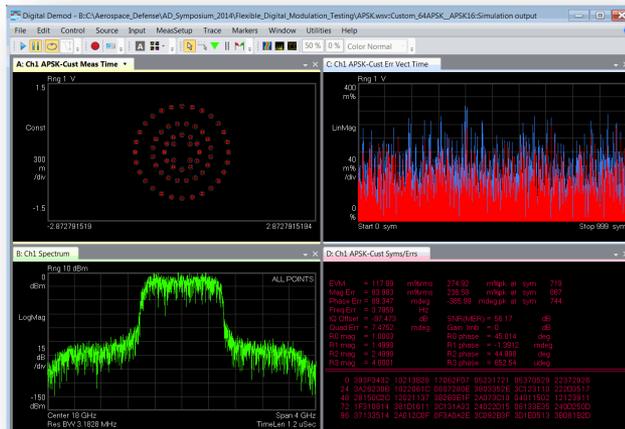


Контрольные сигналы с цифровой модуляцией

Решение для анализа сигналов

– ПО векторного анализа 89600 VSA

- Анализ модуляции
 - Стандартные DVB сигналы
 - Стандартные цифровые модуляции
 - Нестандартные цифровые модуляции
- Средства для глубокой отладки
- Поддерживаемые модульные приборы: M9393A, M9703A



Решения для создания сигналов

– ПО Waveform Creator

- Формирование сигналов
 - Стандартные цифровые модуляции
 - Нестандартные цифровые модуляции
- Поддерживаемые модульные приборы : M9381A, M8190A

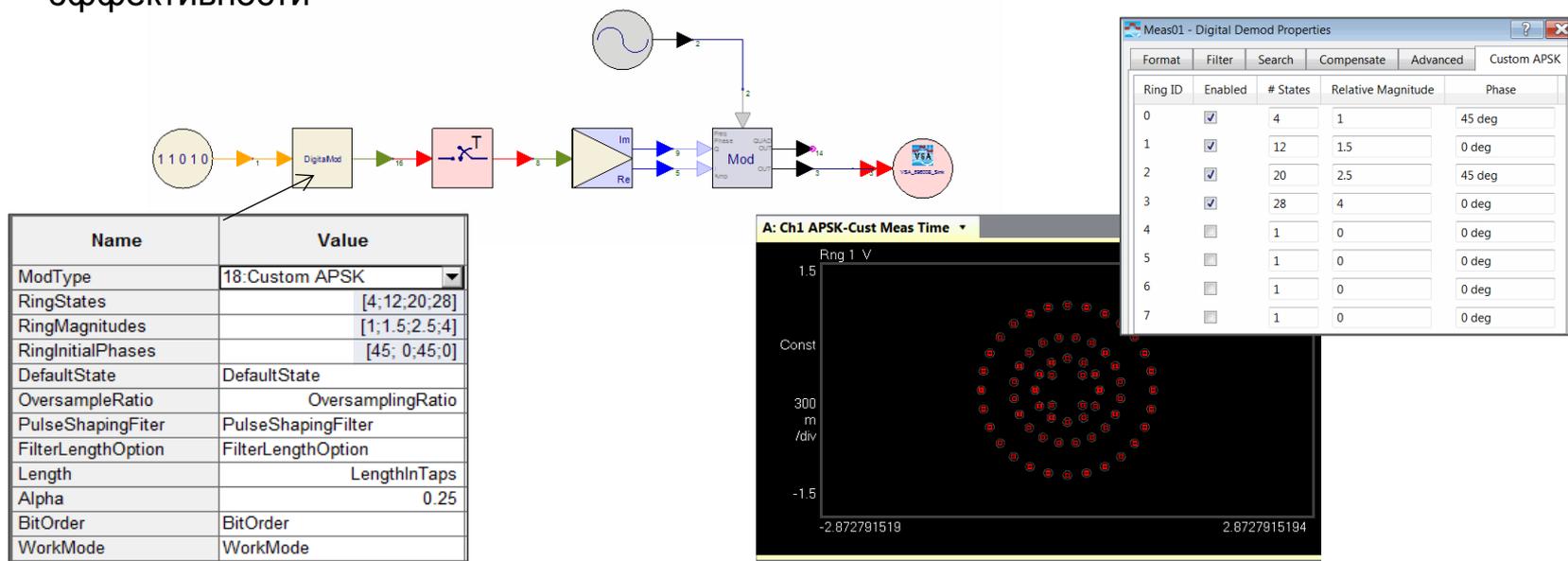
– SystemVue

- Формирование сигналов
 - Стандартные DVB сигналы
 - Стандартные цифровые модуляции
 - Нестандартные цифровые модуляции
- Разработка и оптимизация алгоритмов на системном уровне
- Измерения BER

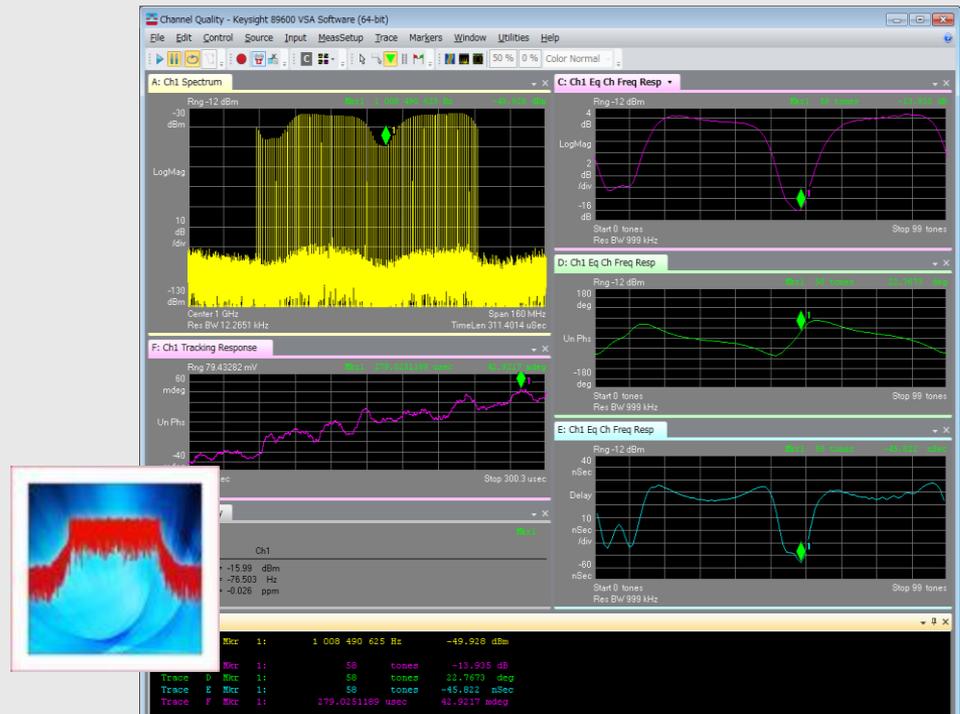
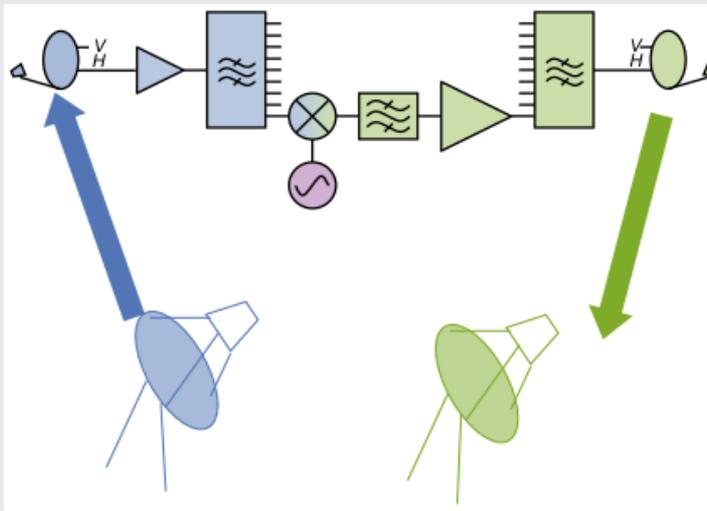
Контрольные сигналы с цифровой модуляцией

Создание собственных сигналов APSK

- Оптимизация передачи для конкретных параметров
 - Задание числа колец, числа состояний на кольцо, амплитуд и фаз
 - Внести предыскажения в сигнал путем изменения расстояний между кольцами перед передачей
 - Настройка расстояния между кольцами, кодирования, фильтрации для увеличения эффективности



Проведение анализа параметров канала средствами векторного анализа в ПО VSA 89610B



В чем необходимость векторного анализа тракта?

89601B-BHL CQM

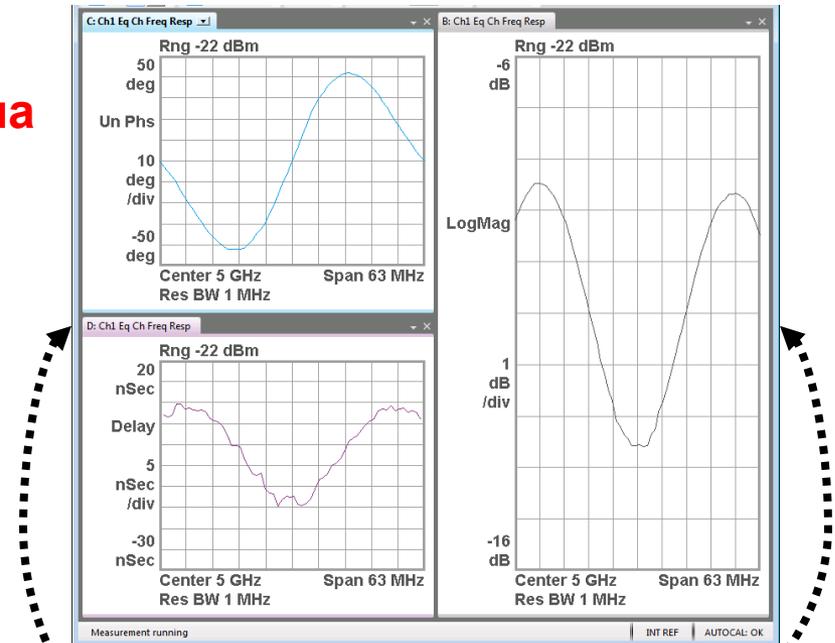
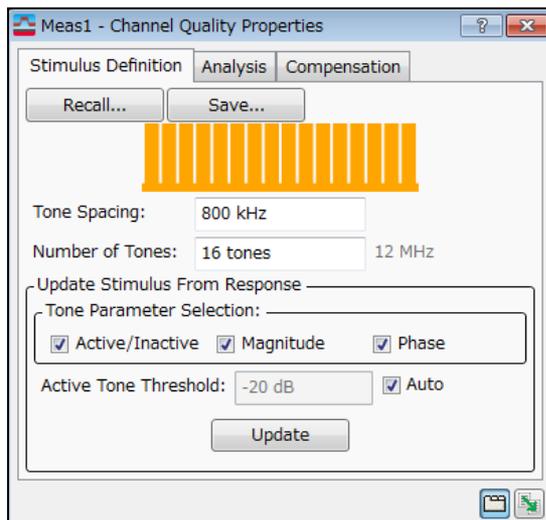
Page 17

- **Повышение порядков модуляции** диктует более высокие требования к линейности тракта
- Линейность АЧХ не может быть достаточным критерием определения линейности тракта **при передаче сигнала с цифровой модуляцией**
- Контроль НГВЗ ведется для проверки **возможности широкополосной передачи без искажений передаваемых данных**
- **Ускорение времени измерений** за счет подачи сигнала-стимула в широкой полосе
- **Требуется для оценки функционирования полезной нагрузки** при подтверждение эксплуатационных свойств космического аппарата

Измерение параметров канала (опция VNL)

Единственное в отрасли решение для широкополосного контроля качества тракта спутникового канала

- Относительные измерения АФЧХ
 - Фазовая характеристика
 - Амплитудная характеристика
 - Групповое время задержки
- Отрасль: тестирование спутников
 - Многотоновые измерения ГВЗ



UXA – анализатор сигналов с
полосой анализа до 1 ГГц

Идея применения ПО



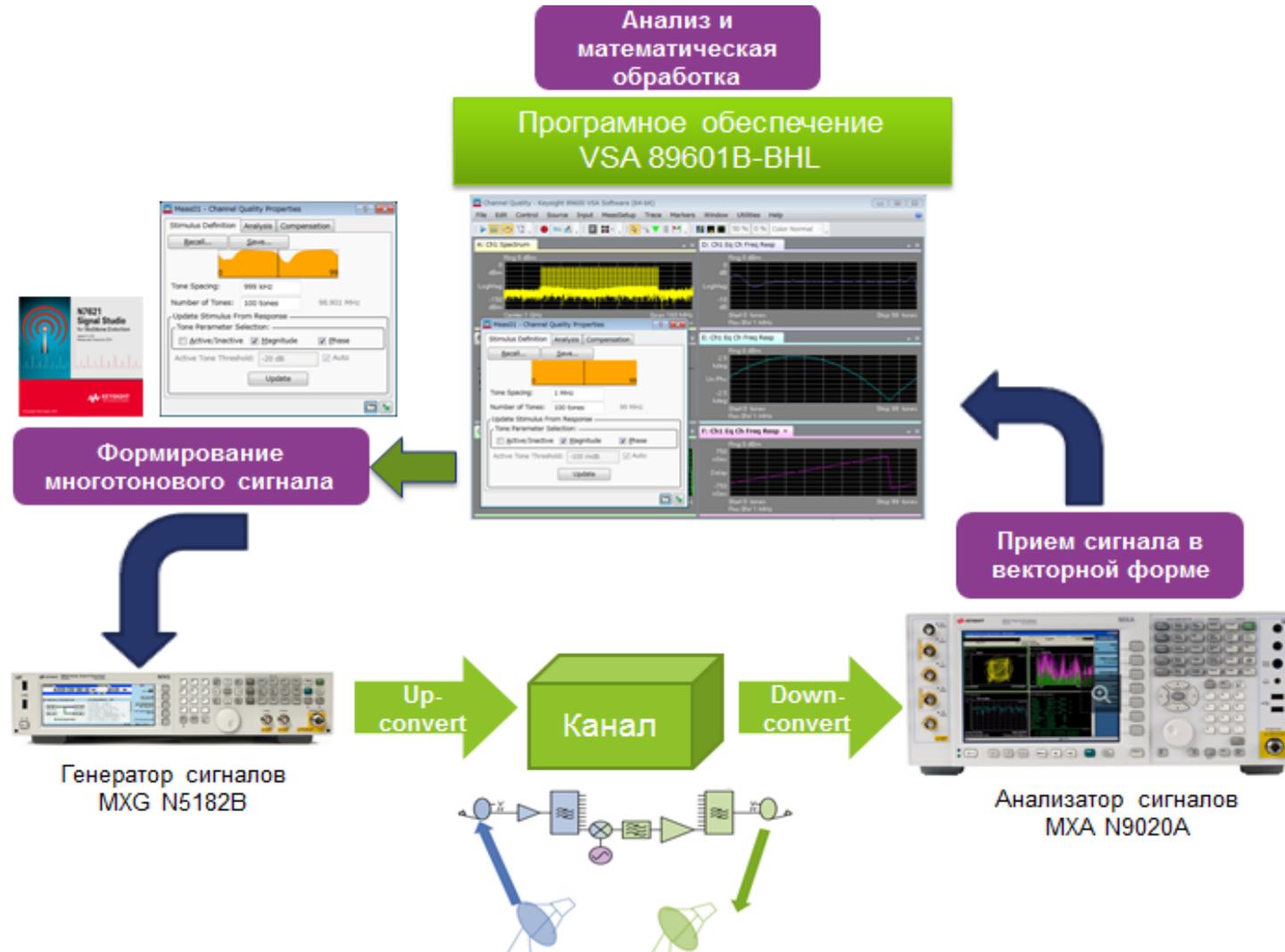
89601B-BHL CQM

Page 19

- **Измерение НГВЗ/АЧХ/ФЧХ** методом генерации многотонавого сигнала-стимула
- Создание многотонавого сигнала с **заданным распределением частот/амплитуд/фаз**
- **Калибровка тракта** после измерений и нормировка канала
- **Повторяемые измерения** в векторной области и возможность **централизованного удаленного управления**
- **Поддержка 45 типов приемников:** анализаторы спектра, осциллографы, оцифровщики
- Возможность использования **имеющейся базы анализаторов спектра и генераторов сигналов**

Пример схемы измерения параметров канала

Анализ в полосе до 160 МГц в диапазоне до 6 ГГц



Векторные измерения параметров канала

Спектр сигнала

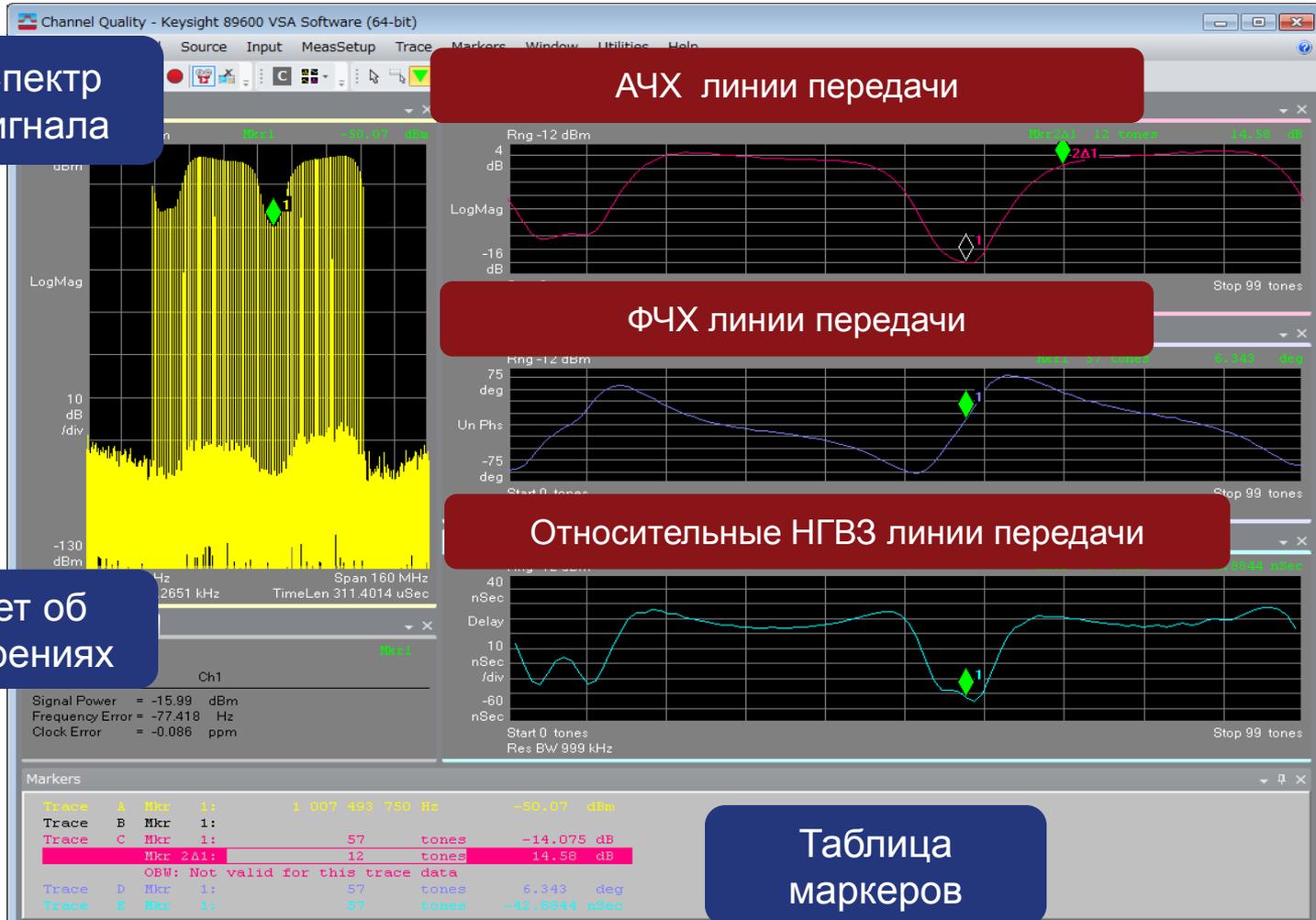
АЧХ линии передачи

ФЧХ линии передачи

Относительные НГВЗ линии передачи

Отчет об измерениях

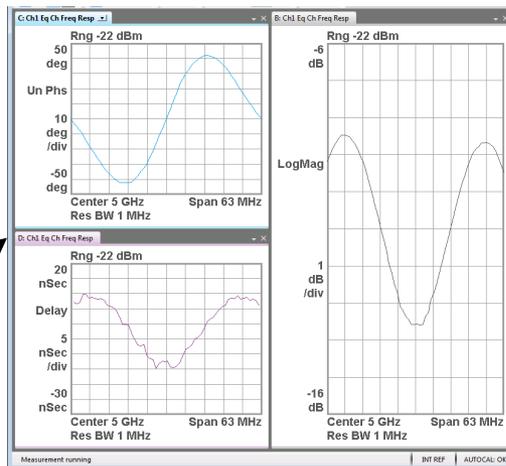
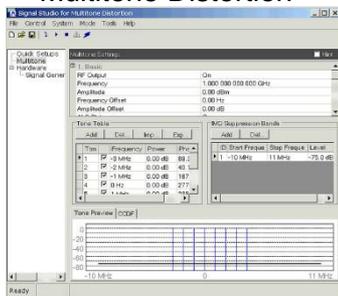
Таблица маркеров



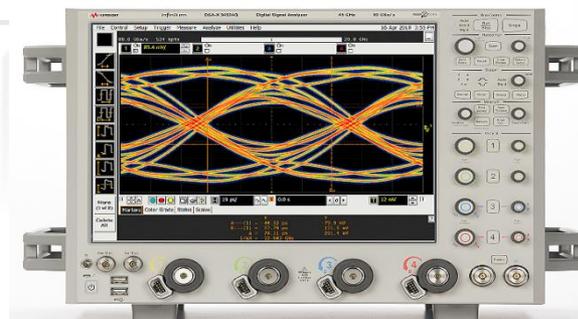
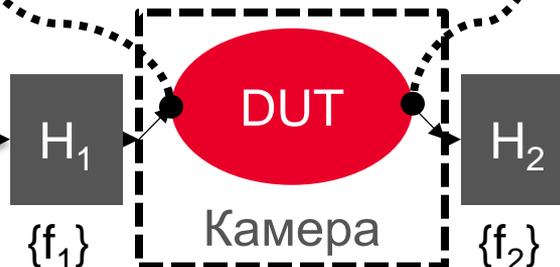
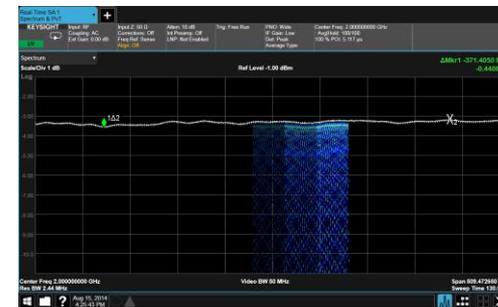
Измерение параметров канала в полосе 510 МГц

Используется PSG + N8241A/42A+ UXA

Signal Studio for Multitone Distortion



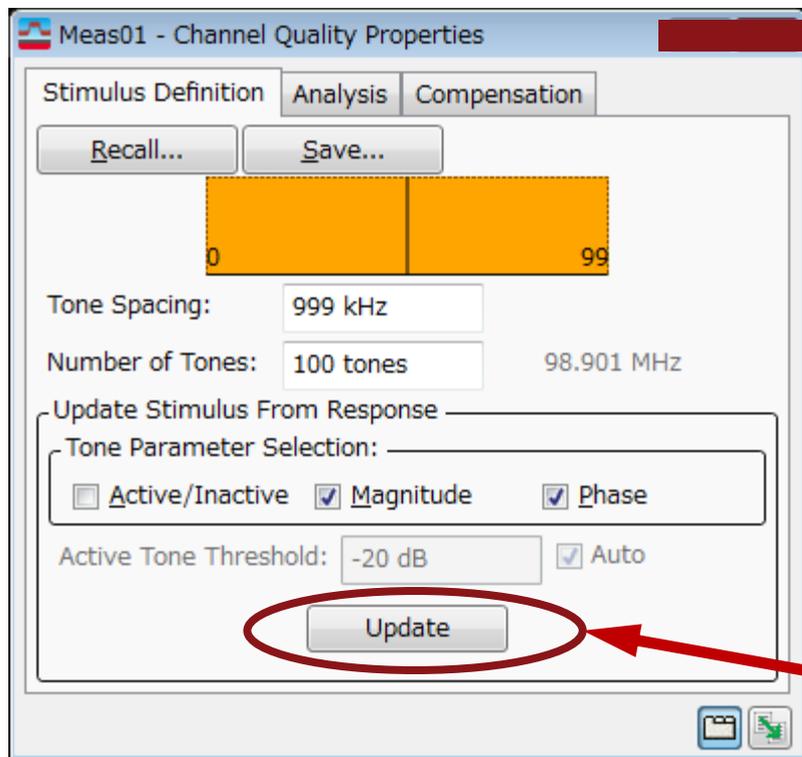
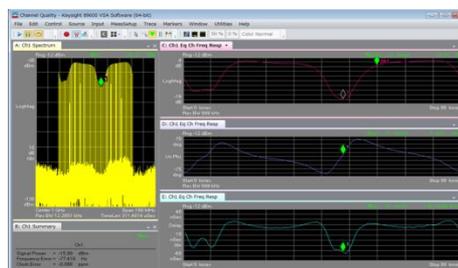
UXA 510 MHz IF response < 0.7 dB



Замечание: для большей полосы анализа может использоваться осциллограф на выходе ПЧ

Калибровка тракта за счет подстройки ТОНОВ

Задание сигнала-стимула



Meas01 - Channel Quality Properties

Stimulus Definition Analysis Compensation

Recall... Save...

0 99

Tone Spacing: 999 kHz

Number of Tones: 100 tones 98.901 MHz

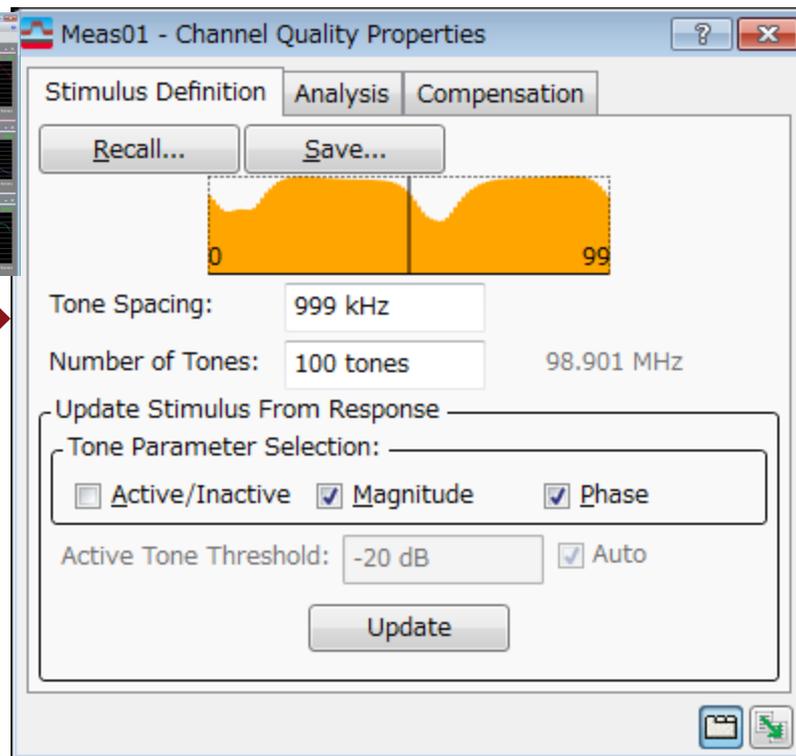
Update Stimulus From Response

Tone Parameter Selection:

Active/Inactive Magnitude Phase

Active Tone Threshold: -20 dB Auto

Update



Meas01 - Channel Quality Properties

Stimulus Definition Analysis Compensation

Recall... Save...

0 99

Tone Spacing: 999 kHz

Number of Tones: 100 tones 98.901 MHz

Update Stimulus From Response

Tone Parameter Selection:

Active/Inactive Magnitude Phase

Active Tone Threshold: -20 dB Auto

Update

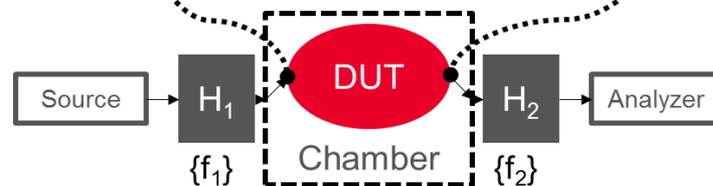
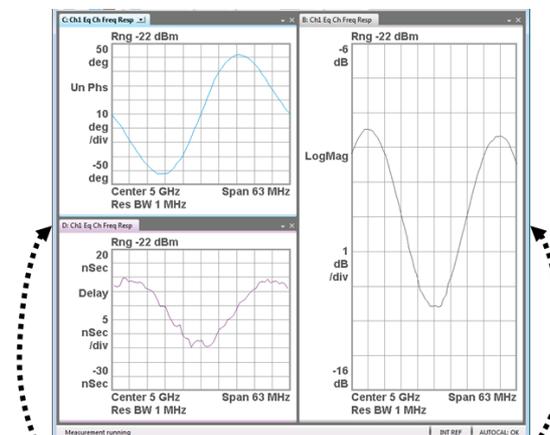
Определение формируемого сигнала с учетом измеренных неоднородностей канала

Ключевые преимущества метода измерения НГВЗ в многотоновом режиме

89601B-BHL CQM

Page 24

- Активные каналы видны по спектральному отображению
- Генератор и приемник могут быть разнесены физически
- Работа в схемах с переносом частоты
- Компенсация смещения частоты и задержек
- Сигнал-стимул наиболее приближен к реальному сигналу с цифровой модуляцией
- Скорость измерения и возможность записи полученных отсчетов



Результаты измерений на базе ГПКС, г. Дубна

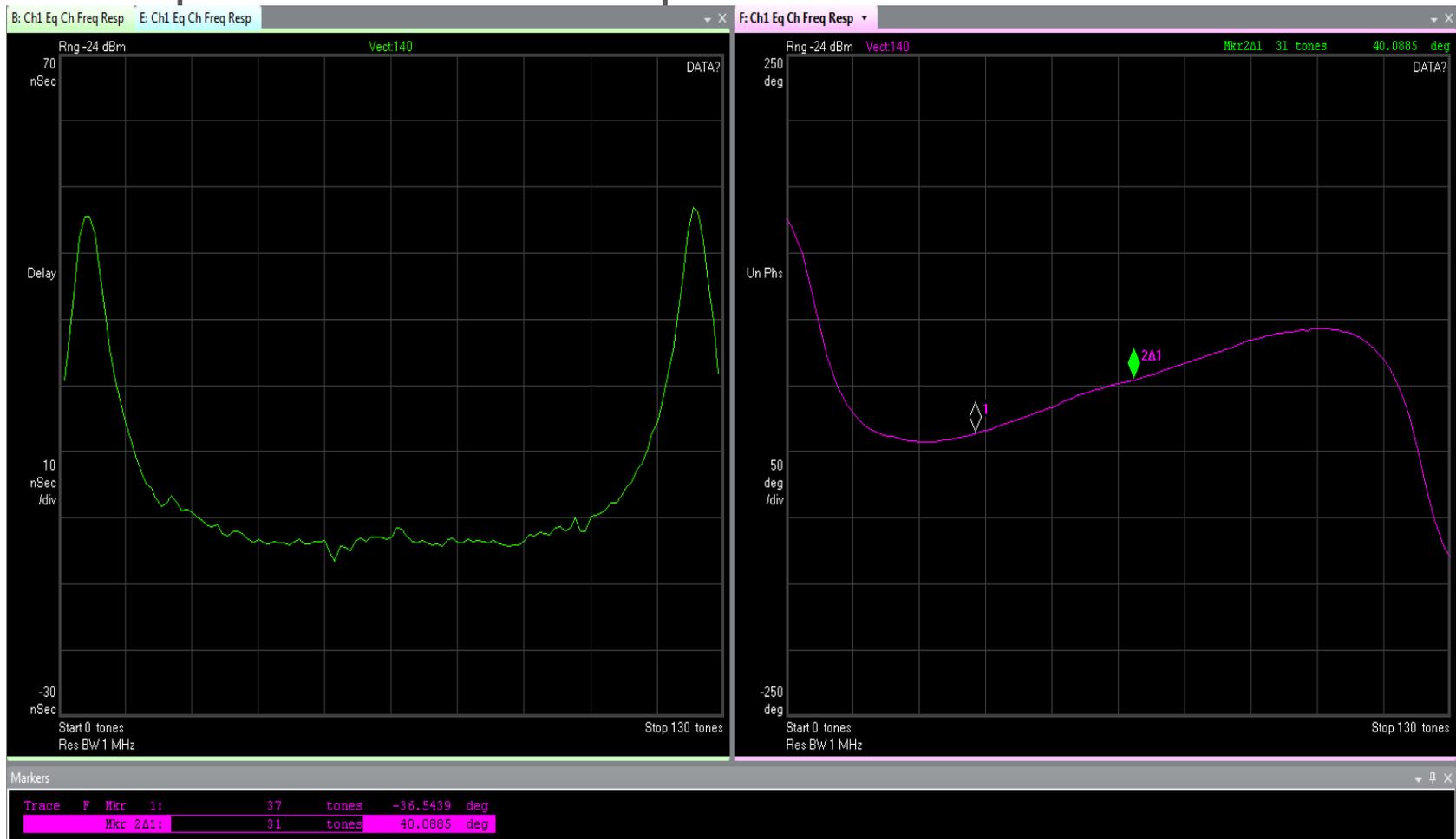
Измерение транспондера R3 спутника Экспресс-AM6



Результаты измерений на базе ГПКС, г. Дубна

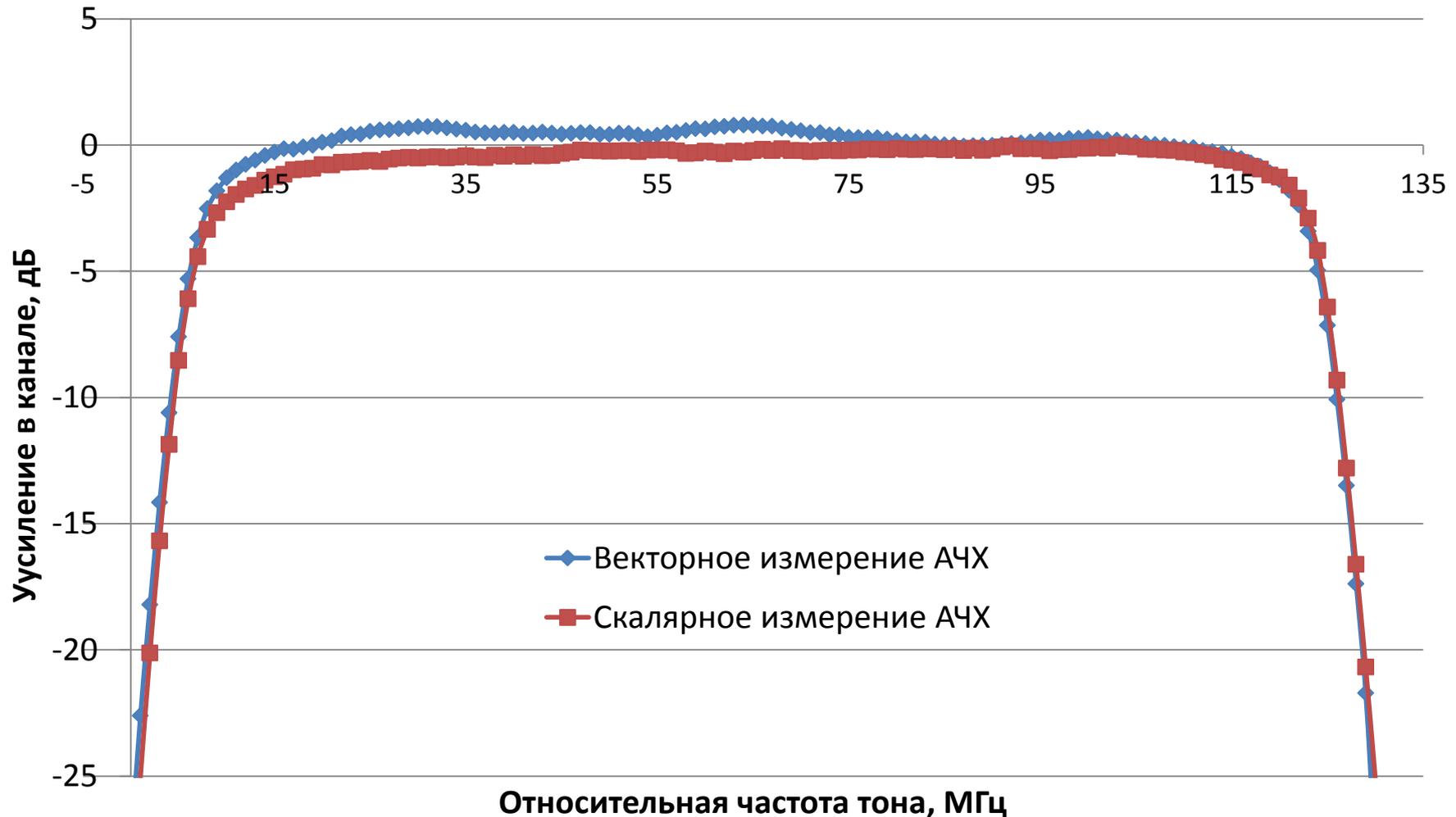
НГВЗ и ФЧХ транспондера G3 спутника Экспресс-АМ6

- измерение линейности фазы



Результаты измерений на базе ГПКС, г. Дубна

Сопоставление АЧХ транспондера G3 спутника Экспресс-AM6 измеренного векторным и скалярным методами



Вопросы



Комментарии