**Техническое описание (Data sheet) на русском языке**

# Keysight 89601BHNC 5G NR/5G-Advanced Modulation Analysis — опция PathWave Vector Signal Analysis (89600 VSA) для демодуляции и векторного анализа сигналов 5G NR и 5G-Advanced по 3GPP Rel 15–18

**Содержание (Table of Contents)**


- Модуляционный анализ 5G NR/5G-Advanced (5G NR/5G-Advanced Modulation Analysis)
- Анализ и поиск неисправностей (Analysis and Troubleshooting)
- Простая настройка с полным управлением параметрами (Easy Setup with Complete Parameter Control)
- Структура и качество сигналов 5G NR и 5G-Advanced (Understand the Structure and Quality of 5G NR and 5G-Advanced Signals)
- Испытания за пределами физического уровня (Test Beyond the Physical Layer)
- Углублённый анализ и поиск неисправностей со связыванием измерений в разных областях (In-depth Analysis and Troubleshooting with Coupling Measurements Across Domains)
- Анализ сканирования лучом по графикам фазы и мощности SS/PBCH (Analyze Beam-Sweeping with SS/PBCH Phase and Power Traces)
- Ускоренная проверка при интеграции проектирования и испытаний (Faster Validation with Design and Test Integration)
- Анализ MIMO и формирования луча (MIMO and Beamforming Analysis)
- Улучшение характеристик восходящей линии O-RAN (O-RAN Uplink Performance Improvement, ULPI)
- Одновременный анализ несущих 5G NR и LTE для сосуществования NR и LTE при динамическом совместном использовании спектра (Analyze 5G NR and LTE Carriers Simultaneously for NR and LTE Coexistence through Dynamic Spectrum Sharing)
- Расширенный анализ EVM с ccEVM и IQ-NC (Enhanced EVM Analysis with ccEVM and IQ-NC)
- Измерения Power Suite (Power Suite Measurements)
- Функции ПО (Software Features)
- Информация для заказа (Ordering Information)
- Дополнительные материалы (Additional Resources)


Технический обзор (Technical Overview). Модуляционный анализ 5G NR/5G-Advanced — 89600 VSA, опция 89601BHNC.


Тел.: +7 (495) 252-00-96
Email: info-site@akmetron.ru
Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

- Разберитесь в сложности сигналов 3GPP 5G и 5G-Advanced с помощью комплексного набора средств демодуляции и векторного анализа сигналов, совместимого с будущими версиями.
- Исследуйте характеристики по каждому пользователю и каждому каналу: MIMO с пространственным мультиплексированием для одного пользователя до 8x8, massive MIMO (mMIMO) и формирование луча до 64 каналов.
- Анализируйте нисходящие и восходящие сигналы, чтобы оценить качество сигнала по результатам декодирования (CRC и BLER), общему EVM, EVM по символам и поднесущим, созвездиям, графикам ошибок IQ и другим результатам.
- Неотъемлемая часть решения Keysight Open RAN для испытаний на соответствие O-RU в восходящей и нисходящей линиях (в соответствии с O-RAN WG4), включая испытания чувствительности приёмника при низком отношении сигнал/шум.
- Используйте цветовую маркировку и связывание маркеров (marker coupling), чтобы выявлять и изолировать особые эффекты и искажения сигнала и каналов.
- Анализируйте LTE и NR одновременно для оценки сосуществования при динамическом совместном использовании спектра (DSS, Dynamic Spectrum Sharing).
- В 89600 VSA с выпуска VSA2025 U1 введены три уровня моделей с тремя разными опциями: 89601201C (Advanced), 89601202C (Standard) и 89601203C (Essential), охватывающими возможности с разными ограничениями по центральной частоте (CF), полосе промежуточной частоты (IF), полосе модулирующих частот IQ (BBIQ) и числу каналов измерения (подробности — в 5992-4210EN).
- Прежняя опция 89601200C как базовое ядро и аппаратное подключение продолжает работать как модель уровня Advanced с теми же возможностями, что и 89601201C.

## Модуляционный анализ 5G NR/5G-Advanced (5G NR/5G-Advanced Modulation Analysis)

Приложение 5G NR/5G-Advanced ПО 89600 VSA (89601BHNC) предлагает комплексные возможности анализа в частотной, временной и модуляционной областях для сигналов, соответствующих спецификациям 3GPP 5G NR и 5G-Advanced (www.3gpp.org).

ПО выдаёт результаты анализа в частотной, временной и модуляционной областях в одном измерении. Настраивая результирующие графики (traces), такие как спектр, время захвата и специальные для NR графики и таблицы качества модуляции, инженеры могут эффективно определять общие характеристики сигнала и устранять неполадки, например периодические пики ошибок или повторяющиеся сбои синхронизации.

Чтобы ускорить рабочие процессы разработки, ПО предоставляет удалённые интерфейсы .NET API и SCPI для автоматических испытаний, что обеспечивает плавный переход к проверке конструкции и производственным этапам.

Поддерживая более 75 стандартов сигналов и типов модуляции, включая 5G NR и 5G-Advanced, 89600 VSA — комплексный набор средств для демодуляции и векторного анализа сигналов. Инженеры могут изучить любой аспект сигнала и оптимизировать даже самые передовые конструкции. При оценке компромиссов в конструкции 89600 VSA помогает справиться со сложностью.

## Анализ и поиск неисправностей (Analysis and Troubleshooting)

### Выполнение измерений 5G NR/5G-Advanced (Perform 5G NR/5G-Advanced Measurements)

Приложение 89601BHNC поддерживает модуляционный анализ 5G NR и 5G-Advanced в соответствии со спецификациями 3GPP TS38 (выпуски 15, 16, 17 и 18). Основные поддерживаемые функции:

**1. Форма сигнала, нумерология и структура кадра**

- Форма сигнала CP-OFDM для нисходящей линии (DL) и восходящей линии (UL)
- Форма сигнала с прекодированием с преобразованием (transform precoding, DFT-S-OFDM) для UL
- Все нумерологии (μ = 0–6, что соответствует интервалам между поднесущими 15, 30, 60, 120, 240, 480, 960 кГц)
- Смешанные нумерологии в одной или нескольких частях полосы (BWP, bandwidth parts)
- Гибкая структура слотов для FDD и TDD: все UL, все DL, смешанные UL и DL
- Все полосы сигнала для частотного диапазона 1 (FR1) и частотных диапазонов FR2-1 и FR2-2
  - FR1 (ниже 7,125 ГГц): 3, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100 МГц
  - FR2-1 (24,25–52,6 ГГц): 50, 100, 200, 400 МГц
  - FR2-2 (52,6–71 ГГц): 400, 800, 1600, 2000 МГц

**2. Каналы и сигналы UL и DL с форматами модуляции и повышением мощности (power boosting)**

- Каналы и сигналы начального доступа: PSS, SSS, PBCH
- Опорные сигналы DL: DMRS, PTRS, CSI-RS, RIM-RS, PRS
- Каналы управления и общие каналы DL: PDSCH, PDCCH
- Опорные сигналы UL: DMRS, PTRS, SRS
- Каналы управления и общие каналы UL: PUSCH, PUCCH, PRACH

**3. Декодирование каналов**

- Декодирование LDPC для PDSCH и PUSCH
- Полярное декодирование (Polar) для PBCH, PDCCH и PUCCH

**4. MIMO и формирование луча**

- До 8x8 MIMO для одного пользователя для DL и UL
- До 24 портов DMRS для MIMO для нескольких пользователей (MU-MIMO)
- До 64 каналов massive MIMO и формирования луча

**5. Тестовые модели**

- Тестовые модели для FDD и TDD по спецификациям 3GPP TS 38.141-1 и TS 38.141-2
- Тестовые модели для узла спутникового доступа (SAN, Satellite Access Node) по спецификации 3GPP TS 38.181

**6. Испытания передатчика и приёмника O-RAN**

- Испытание передатчика на соответствие для восходящей и нисходящей линий
- Анализ улучшения характеристик восходящей линии (ULPI, Uplink Performance Improvement)
- Испытание чувствительности приёмника при низком отношении сигнал/шум

**7. Динамическое совместное использование спектра (DSS)**

- Одновременная демодуляция сигналов LTE и 5G NR

**8. Выпуски 3GPP**

- 3GPP Release 16: нелицензируемый спектр NR (NR-U), расширенный MIMO (eMIMO), расширенный DSS (eDSS), SRS для определения местоположения
- 3GPP Release 17: модуляция 1024QAM для PDSCH, новая нумерология (интервалы между поднесущими 480 и 960 кГц), дающая полосу сигнала до 2 ГГц, неназемные сети (NTN), устройства NR с пониженными возможностями (RedCap)
- 3GPP Release 18 (5G-Advanced): полоса 3 МГц, MIMO 8x8 в UL, до 24 ортогональных портов DMRS для MU-MIMO

Тел.: +7 (495) 252-00-96
Email: info-site@akmetron.ru
Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

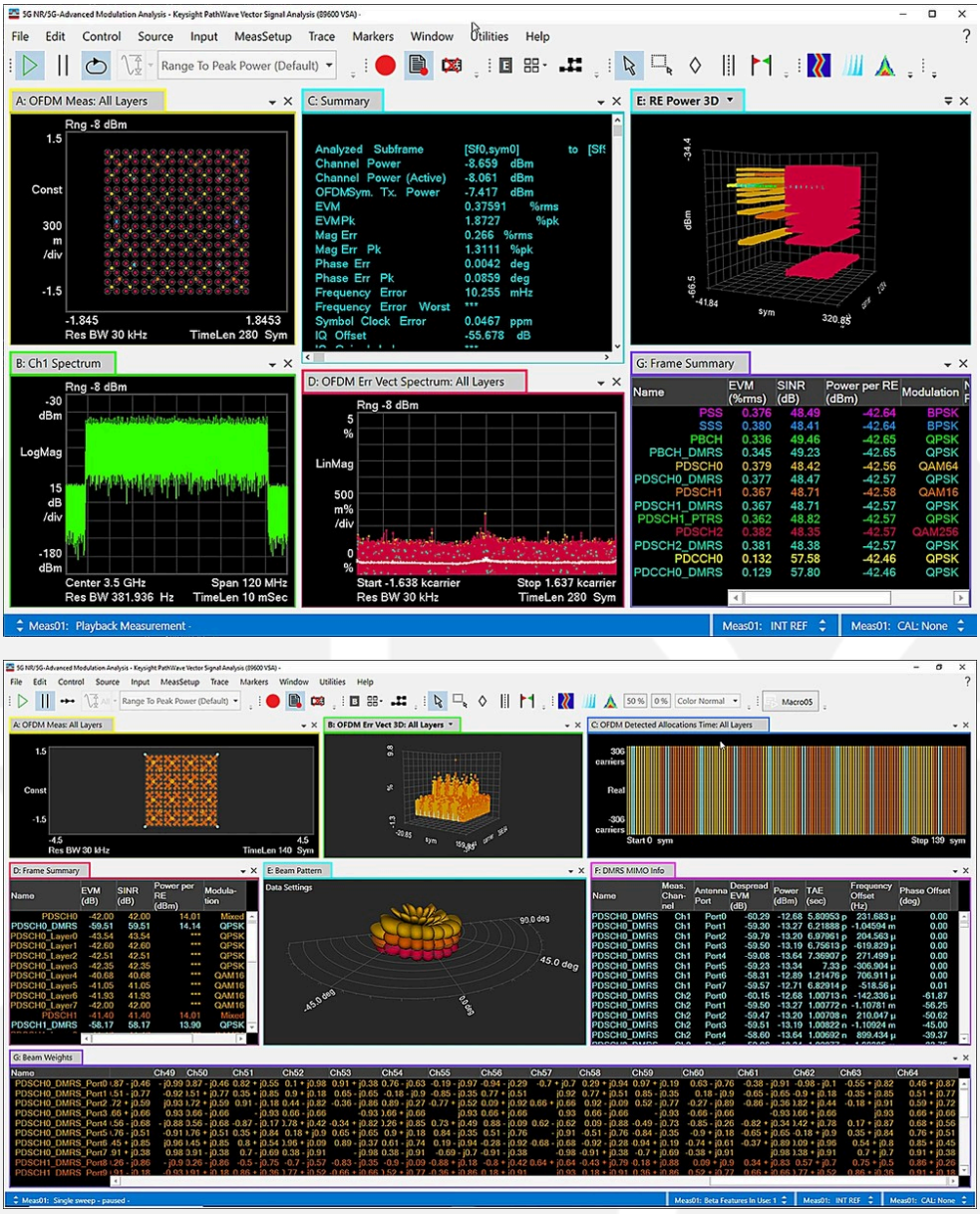


**Рисунок 1.** С ПО 89600 VSA можно анализировать сигналы MIMO и Massive MIMO 5G и 5G-Advanced с числом ортогональных портов DMRS до 24 и входных каналов до 64. Показатели качества сигнала, такие как EVM, ошибка временного выравнивания (TAE, Timing Alignment Error), ошибка фазы, ошибка частоты и другие, можно измерять для каждого порта DMRS и каждого канала (With the 89600 VSA software, you can analyze 5G and 5G-Advanced MIMO and Massive MIMO signals with up to 24 orthogonal DMRS ports and up to 64 input channels. Signal quality metrics such as EVM, Timing Alignment Error (TAE), phase error, frequency error, and more can be measured per DMRS port and channel)

Тел.: +7 (495) 252-00-96
Email: info-site@akmetron.ru
Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

## Простая настройка с полным управлением параметрами (Easy Setup with Complete Parameter Control)

Для успешной демодуляции и поиска неисправностей настройте VSA с помощью понятного графического интерфейса пользователя (GUI). Окно структурной схемы (Block Diagram) даёт слева направо наглядное представление настройки измерения VSA. Каждый блок соответствует набору связанных параметров в строке меню. Щелчком по любому блоку можно открыть диалог с полным набором связанных параметров (они также доступны из строки меню). Кроме того, можно воспользоваться одной из быстрых настроек (quick setups), чтобы загрузить одну из часто используемых конфигураций и изменить её под своё измерение.

Динамическая справка (Dynamic Help) даёт доступ к тексту справки и позволяет узнать о формате 5G/5G-Advanced и функциях, доступных для опции BHN. Если отсоединить окно динамической справки и переместить его в сторону экрана, как показано на рисунке 2, его удобнее просматривать, так как оно следует за выбором в меню. Его можно даже зафиксировать на важных разделах справки.

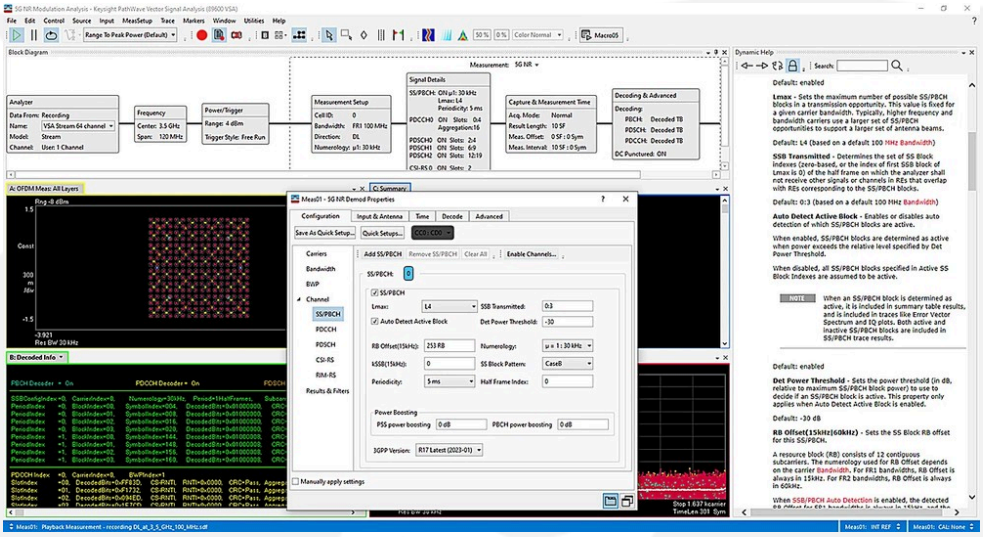


**Рисунок 2.** Настройка проста при полном управлении параметрами. Динамическая справка даёт полезную информацию, объясняющую измерения и другие важные операции 5G/5G-Advanced и ПО 89600 VSA (Setup is easy with complete parameter control. Dynamic Help provides useful information to explain measurements and other important 5G/5G-Advanced and 89600 VSA software operations)

## Структура и качество сигналов 5G NR и 5G-Advanced (Understand the Structure and Quality of 5G NR and 5G-Advanced Signals)

ПО 89600 VSA предоставляет мощные средства демодуляции, декодирования и анализа, позволяющие оценить структуру и качество передаваемых сигналов NR. Пользователь свободно выбирает формат графика и число одновременно отображаемых графиков.

Тел.: +7 (495) 252-00-96
Email: info-site@akmetron.ru
Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

На рисунке 3 показан нисходящий сигнал NR, где каждый график даёт особый ортогональный взгляд на сигнал. В зависимости от цели анализа доступны дополнительные виды графиков.

Описание некоторых графиков цифровой демодуляции:

- График A (вверху слева): составное созвездие IQ демодулированного сигнала, показывающее форматы модуляции от 256QAM на PDSCH до BPSK для PSS и SSS.
- График B (вверху по центру): сводная таблица кадра с цветовой маркировкой, указывающей формат модуляции и распределение каналов в радиокадре. Результаты измерений включают EVM, SINR, мощность, формат модуляции, число ресурсных блоков, RNTI и идентификатор BWP, связанный с каждым каналом или сигналом.
- График C (вверху справа): цветной вид структуры передаваемого сигнала. Эта двумерная сетка показывает частоту (поднесущие) по вертикальной оси и время (символы) по горизонтальной оси, отображая блоки SS/PBCH, PDCCH и несколько распределений PDSCH.
- График D (в середине слева): сводная таблица слотов, организованная по BWP, подкадру и слоту. Каждая запись содержит RNTI, EVM, мощность, формат модуляции, число ресурсных блоков, статус CRC, пиковое значение EVM и соответствующие индексы символа и поднесущей.
- График E (в середине по центру): сводная таблица ошибок со статистикой качества составного сигнала, включая EVM, ошибку частоты и фазы, ошибку тактовой частоты символов, смещение IQ, дисбаланс усиления IQ, квадратурную ошибку IQ и смещение времени. При включённом декодировании каналов таблица также показывает общее число транспортных блоков (TB), число ошибочных TB, BLER и пропускную способность.
- Графики F и G (в середине справа): трёхмерный график мощности и трёхмерный график EVM, показывающие изменение амплитуды и ошибки во времени и по частоте.
- График H (внизу слева): радиочастотный спектр передаваемого сигнала на центральной частоте 39 ГГц, используется для проверки использования полосы и спектральных характеристик.
- Графики I и J (внизу по центру и справа): EVM как функция символов OFDM и поднесущих соответственно, помогающий выявить локальные искажения или картины помех.

Примечание: пользователь полностью управляет назначением цвета каждому каналу, видимостью графиков и включением в расчёты EVM, что позволяет настраивать отображение и глубже анализировать качество сигнала.

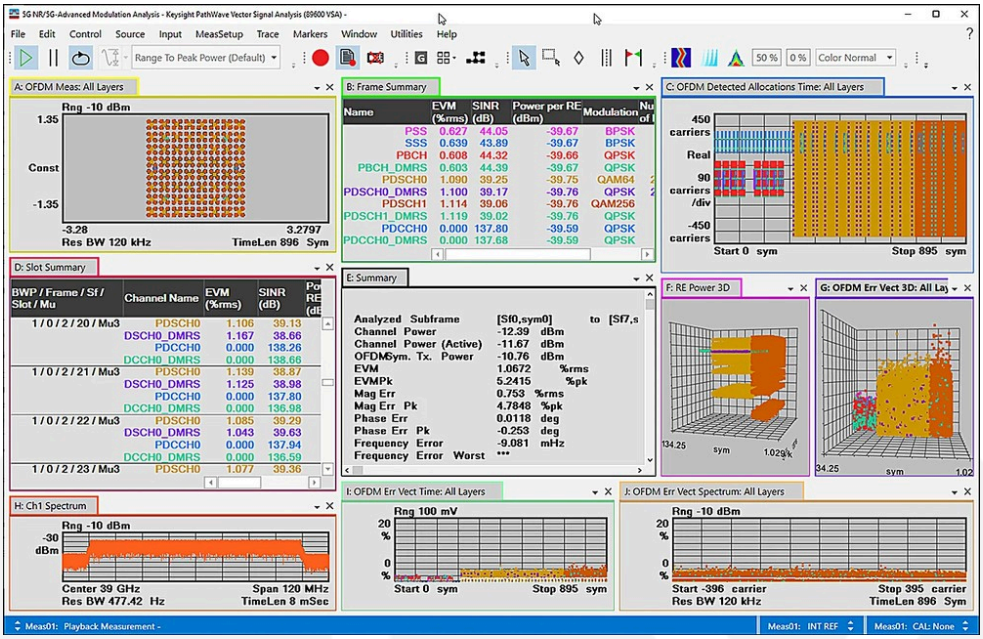


**Рисунок 3.** Пример анализа нисходящего сигнала 5G NR на центральной частоте 39 ГГц с блоками SS/PBCH, PDCCH и несколькими распределениями PDSCH (Example analysis of a downlink 5G NR signal at a 39 GHz center frequency, showing SS/PBCH, PDCCH, and multiple PDSCH allocations)

## Испытания за пределами физического уровня (Test Beyond the Physical Layer)

ПО 89600 VSA расширяет анализ за пределы физического уровня с помощью мощного декодирования каналов для нисходящих и восходящих сигналов. Оно поддерживает декодирование LDPC для PDSCH и PUSCH и полярное декодирование для PBCH, PDCCH и PUCCH, давая подробное представление о содержимом передаваемых и принимаемых данных.

Для каждого канала ПО сообщает статус «годен/не годен» (Pass/Fail) по CRC кодового блока (CB, Code Block) и транспортного блока (TB, Transport Block).

- **PBCH:** декодирует все параметры, определённые в 3GPP TS 38.331 (например, SFN, интервал между поднесущими, смещение SSB).
- **PDCCH:** при включённом автоопределении сообщает уровень агрегации, индекс кандидата, размер полезной нагрузки и формат DCI.
- **PDSCH/PUSCH:** показывает выделенные слоты, индекс версии избыточности (RV, Redundancy Version), эффективную скорость кода, статус CRC и число кодовых блоков.

Результаты BLER и пропускной способности отображаются в сводной таблице (Summary) — это ключевые показатели для испытаний приёмников O-RAN. Декодированный поток битов также отображается для каждого канала, что необходимо для проверки на соответствие O-RAN, где декодированная полезная нагрузка должна совпадать с исходной передачей.

Тел.: +7 (495) 252-00-96
Email: info-site@akmetron.ru
Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

Пользователь может выбрать, какую часть процесса кодирования обратить перед отображением битов: после дескремблирования (Descrambled), после обратного согласования скорости (Deratematched), декодированный кодовый блок (Decoded CB) и декодированный транспортный блок (Decoded TB).

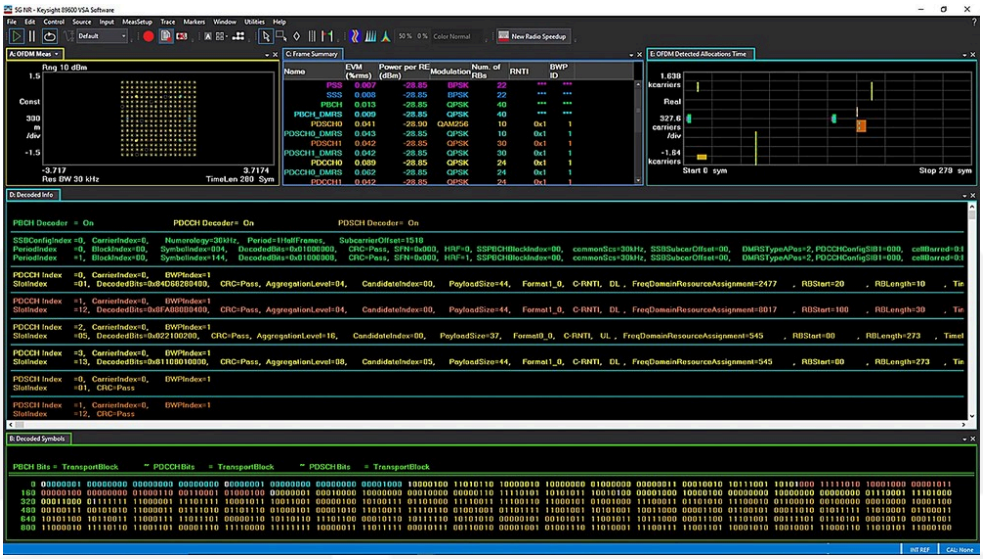


**Рисунок 4.** Пример декодированной информации нисходящей линии и декодированных символов для PBCH, PDCCH и PDSCH (Example of downlink decoded information and decoded symbols for PBCH, PDCCH, and PDSCH)

## Углублённый анализ и поиск неисправностей со связыванием измерений в разных областях (In-depth Analysis and Troubleshooting with Coupling Measurements Across Domains)

ПО 89600 VSA позволяет глубже искать неисправности сигналов 5G и 5G-Advanced с помощью нескольких графиков с цветовой маркировкой в сочетании со связыванием маркеров во временной, частотной областях и областях ошибок. Такой подход особенно полезен при анализе сигналов с множеством элементов, таких как каналы, опорные сигналы и поднесущие OFDM, где визуальная корреляция упрощает выявление проблем.

С помощью связанных маркеров инженеры могут мгновенно сопоставлять события на разных графиках. На рисунке 5 в качестве примера показан восходящий сигнал с несколькими графиками с цветовой маркировкой и связанными маркерами. Поиск пика на графике спектра вектора ошибки (Error Vector Spectrum, график C) или на графике вектора ошибки во времени (Error Vector Time, график D) определяет тот же символ во всех остальных областях. Затем можно одновременно изучить соответствующий индекс символа OFDM во временной области, номер поднесущей в частотной области, тип канала и амплитуду или фазу IQ.

Такой синхронизированный вид позволяет легко выявить первопричину искажений, таких как искажения, фазовый шум или ошибка тактирования символов, что повышает и точность

анализа, и эффективность отладки.

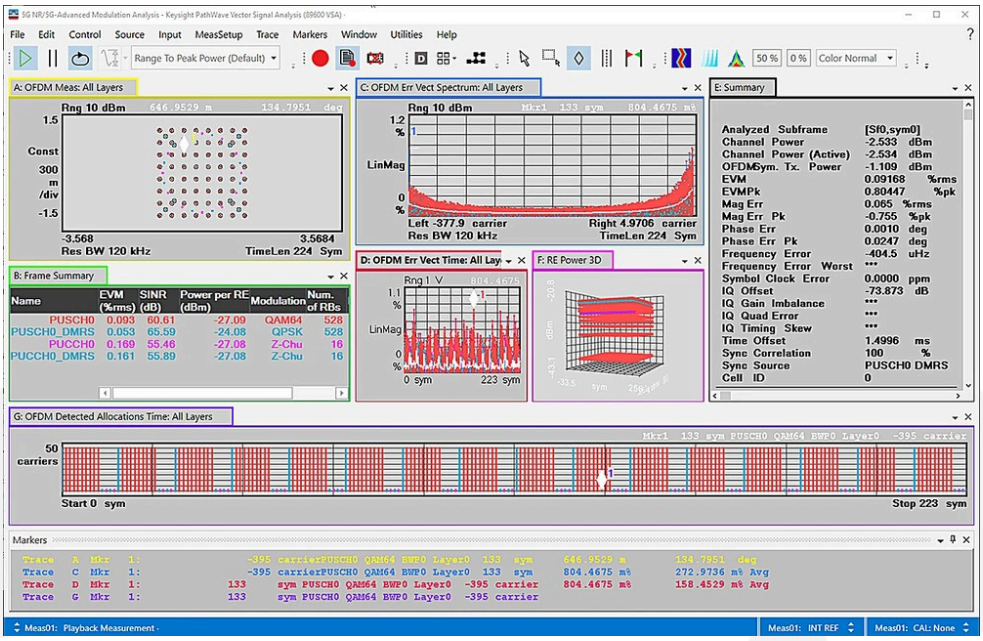


**Рисунок 5.** Пример восходящего сигнала с несколькими графиками с цветовой маркировкой и связанными маркерами. Поиск пика на графике спектра или времени вектора ошибки выделяет соответствующий символ во всех областях измерения, показывая его точное положение и характеристики (Example of an uplink signal with multiple color-coded traces and coupled markers. A peak search in the Error Vector Spectrum or Time trace highlights the associated symbol across all measurement domains, revealing its exact position and characteristics)

## Анализ сканирования лучом по графикам фазы и мощности SS/PBCH (Analyze Beam-Sweeping with SS/PBCH Phase and Power Traces)

Чтобы установить надёжные соединения и обеспечить достаточное покрытие, базовая станция NR (gNB) выполняет сканирование лучом (beam-sweeping), передавая сигналы синхронизации и системную информацию через сигналы начального доступа (SS/PBCH). На частотах миллиметрового диапазона в разных направлениях лучей может передаваться до 64 блоков SS/PBCH, поэтому необходимо измерять и мощность, и фазу во всех лучах, чтобы подтвердить равномерность покрытия и выравнивание.

ПО 89600 VSA предоставляет специальные измерения SS/PBCH для оценки характеристик сканирования лучом.

Как показано на рисунке 6, график мощности SS/PBCH (SS/PBCH Power, график D) показывает абсолютную мощность каждого активного блока SS/PBCH, а графики обзора SS/PBCH (SS/PBCH Survey, графики E и F) показывают относительную мощность и разности фаз во всех лучах.

Эти синхронизированные графики позволяют быстро выявить дисбаланс лучей, уход фазы или неправильно выровненные блоки SS, которые могут влиять на установление соединения и

надёжность передачи обслуживания (handover).




**Рисунок 6.** Пример специальных измерений SS/PBCH, показывающий мощность (график D) и относительную мощность и фазу (графики E и F) по активным индексам SS/PBCH для анализа сканирования лучом (Example of SS/PBCH-specific measurements showing power (Trace D) and relative power/phase (Traces E and F) across active SS/PBCH indices for beam-sweeping analysis)

## Ускоренная проверка при интеграции проектирования и испытаний (Faster Validation with Design and Test Integration)

При переходе от проектирования к испытаниям инженеры могут упростить рабочий процесс и избежать несоответствий измерений благодаря тесной связи между ПО Keysight EDA SystemVue ESL и ПО 89600 VSA.

SystemVue при использовании с библиотекой проверки модулирующих частот 5G W1906EP (5G Baseband Verification Library) может моделировать сигналы 5G и 5G-Advanced. Эти смоделированные сигналы затем можно анализировать непосредственно в ПО 89600 VSA с теми же средствами демодуляции и визуализации, что применяются при испытаниях аппаратуры.

В такой конфигурации подключение к физической аппаратуре не требуется. Вместо этого инженеры могут использовать приёмник 89600 VSA Sink в SystemVue для проверки и поиска неисправностей конструкций 5G при моделировании. VSA Sink предоставляет те же алгоритмы измерений, интерфейс и графические отображения, что и реальная испытательная установка, что позволяет быстро отлаживать устройства на этапах проектирования, макета и проверки.

VSA Sink также может записать сигнал практически в любой точке потока моделирования для воспроизведения на испытательной аппаратуре или для использования в качестве эталона

при сравнении с измеренными данными испытуемого устройства (DUT). Поскольку для смоделированных и измеренных данных используются одни и те же алгоритмы и отображения, любые расхождения, наблюдаемые на макетах, можно уверенно относить на счёт устройства, а не средств измерений.

Единый графический интерфейс на этапах проектирования и испытаний дополнительно устраняет необходимость обучения при переходе проектов по этапам жизненного цикла разработки.

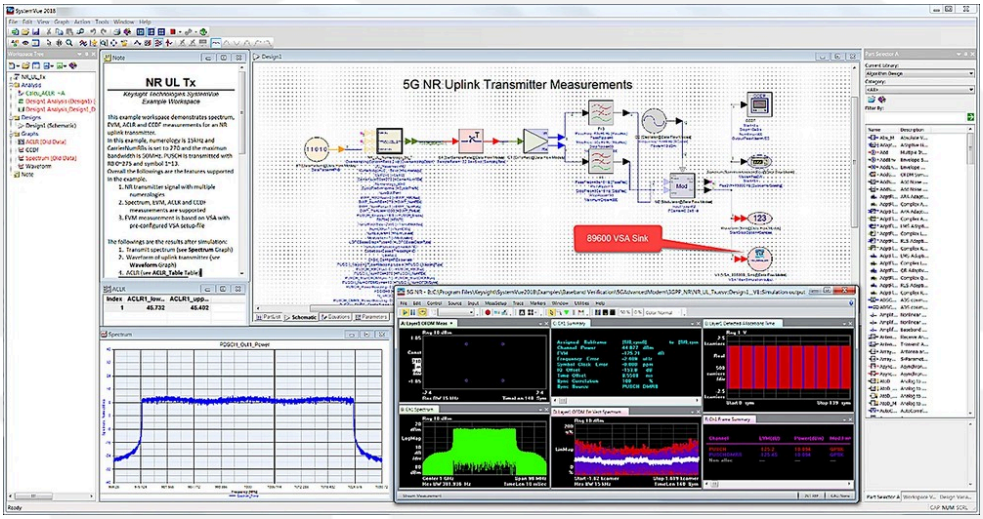



**Рисунок 7.** Пример связи ПО Keysight EDA SystemVue ESL и ПО 89600 VSA для единой проверки проектирования и испытаний (Example showing linkage between Keysight EDA SystemVue ESL software and 89600 VSA software for unified design and test validation)

## Анализ MIMO и формирования луча (MIMO and Beamforming Analysis)

Используйте приложение 5G/5G-Advanced для анализа и поиска неисправностей конфигураций MIMO и формирования луча в восходящей и нисходящей линиях: поддерживаются MIMO для одного пользователя (SU-MIMO) до 8×8, до 24 портов DMRS для MIMO для нескольких пользователей (MU-MIMO) и конфигурации massive MIMO (mMIMO) или формирования луча с числом каналов до 64.

Доступны различные графики для оценки качества модуляции по каждому пользователю, слою, порту и каналу, а также характеристик мощности, времени, частоты и фазы.

Таблица информации MIMO (MIMO Information Table, рисунок 8, график C) содержит данные по каждому пользователю, такие как канал измерения и антенный порт, а также EVM после обратного расширения (de-spread EVM), мощность на ресурсный элемент (RE), ошибку временного выравнивания (TAE), смещение частоты и смещение фазы для каждого пользователя и антенного порта.

Кроме того, график сводки по каналам (Channel Summary, рисунок 8, график D) даёт измерения для каждого радиочастотного входного канала. Например, при измерении формирования луча на 32 каналах график Channel Summary показывает результаты для каждого из 32 радиочастотных входных каналов.

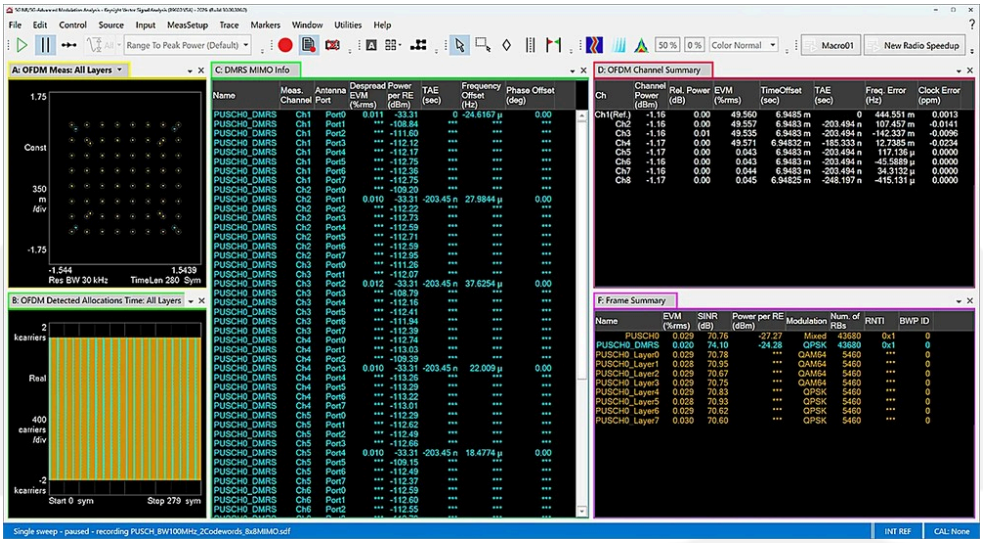


**Рисунок 8.** Пример измерения MIMO 8×8 с результатами по каждому пользователю и порту в таблице DMRS MIMO Info (график C), по каждому пользователю и слою в таблице Frame Summary (график F) и показателями по каналам в таблице Channel Summary (график D) (Example of an 8×8 MIMO measurement showing per-user and per-port results in the DMRS MIMO Info table (Trace C), per-user and per-layer results in the Frame Summary (Trace F), and per-channel metrics in the Channel Summary table (Trace D))

Для измерений massive MIMO и формирования луча результаты включают веса лучей (beam weights), выбор лучей (beam picks) и диаграммы направленности (beam patterns) для таких каналов, как SSB, CSI-RS, PDSCH, PDCCH, PUSCH и SRS.

Тел.: +7 (495) 252-00-96
Email: info-site@akmetron.ru
Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

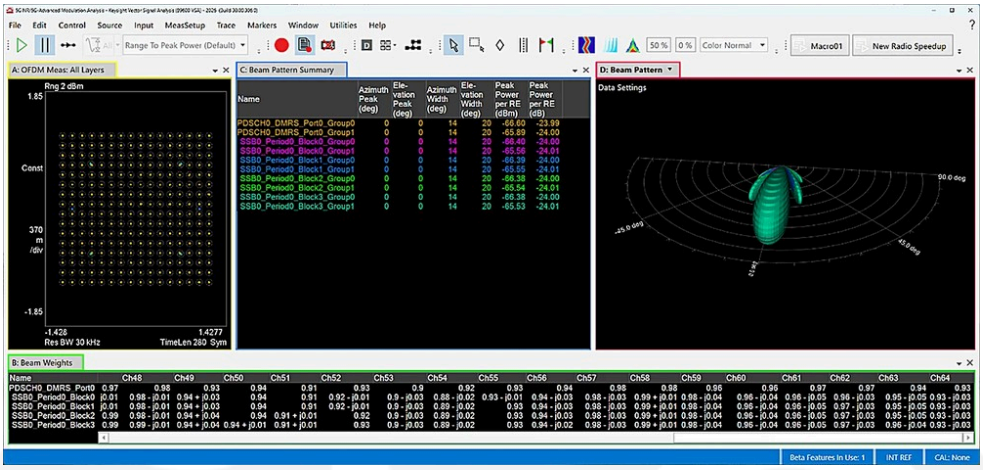


**Рисунок 9.** Пример измерения формирования луча в нисходящей линии на 64 каналах с весами по амплитуде и фазе и соответствующими диаграммами направленности (Example of a 64-channel downlink beamforming measurement, showing magnitude and phase weightings and the corresponding beam patterns)

89600 VSA поддерживает формирование луча O-RAN на основе информации о канале, используя предоставленные пользователем оценки канала (матрица H, H-Matrix) для обработки сигналов с формированием луча и выполнения измерений по каждому пользователю.

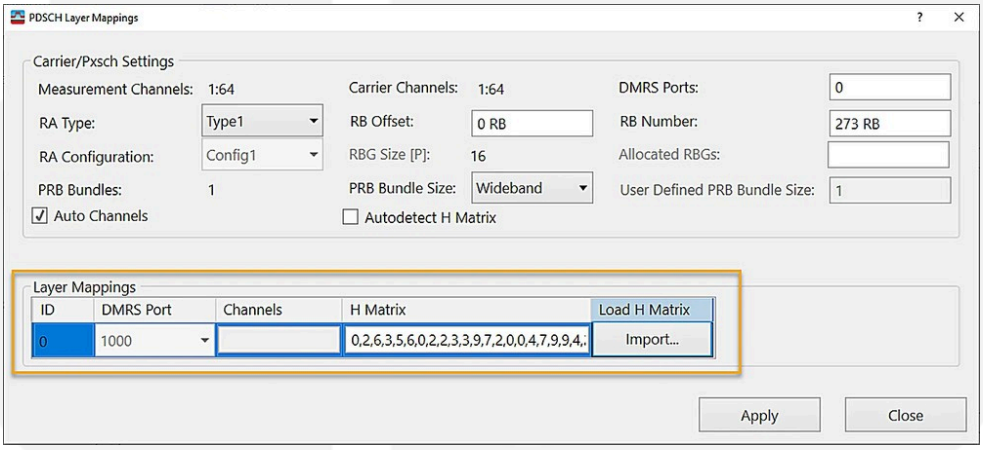



**Рисунок 10.** Настройка измерения для загрузки предоставленной пользователем матрицы H в качестве информации о канале (Measurement setup for loading a user-provided H-matrix as channel information)

## Улучшение характеристик восходящей линии O-RAN (O-RAN Uplink Performance Improvement, ULPI)

В системах O-RAN функциональное разделение 7-2x хорошо подходит для конфигураций с небольшим числом передающих и приёмных антенн. Однако в сценариях massive MIMO (mMIMO) восходящей линии оно может привести к снижению характеристик и увеличению

полосы фронтхола из-за передачи от O-RU к O-DU большего числа потоков, чем слоёв. Улучшение характеристик восходящей линии O-RAN (ULPI) решает эти проблемы, расширяя возможности O-RU.

При ULPI O-RU может работать в одном из двух режимов формирования луча на основе DMRS: формирование луча DMRS с эквалайзером (DMRS-BF-EQ) или формирование луча DMRS без эквалайзера (DMRS-BF-NEQ). В обоих режимах O-RU использует DMRS для оценки канала, чтобы рассчитать веса формирования луча, эффективно уменьшая полосу фронтхола в восходящей линии за счёт передачи числа слоёв вместо числа потоков. Ключевое различие между режимами — выполняется ли эквалайзирование в O-RU.

Когда O-RU выполняет эквалайзирование (DMRS-BF-EQ), возникают особые трудности. Поскольку данные IQ с выхода O-RU уже эквалайзированы, сигнал нужно демодулировать без дополнительного эквалайзирования. В этом случае VSA позволяет пользователям отключить эквалайзирование. Кроме того, поскольку данные IQ с O-RU эквалайзированы, передачу DMRS от O-RU к O-DU можно отключить, чтобы ещё больше уменьшить полосу фронтхола. Для этого VSA должен синхронизировать и демодулировать PUSCH без DMRS, что отличается от стандартных операций 3GPP 5G NR.

Приложение 89601ULPC обеспечивает синхронизацию и демодуляцию PUSCH без DMRS. Для точного измерения VSA требуется, чтобы данные IQ были выровнены по границе кадра 5G.

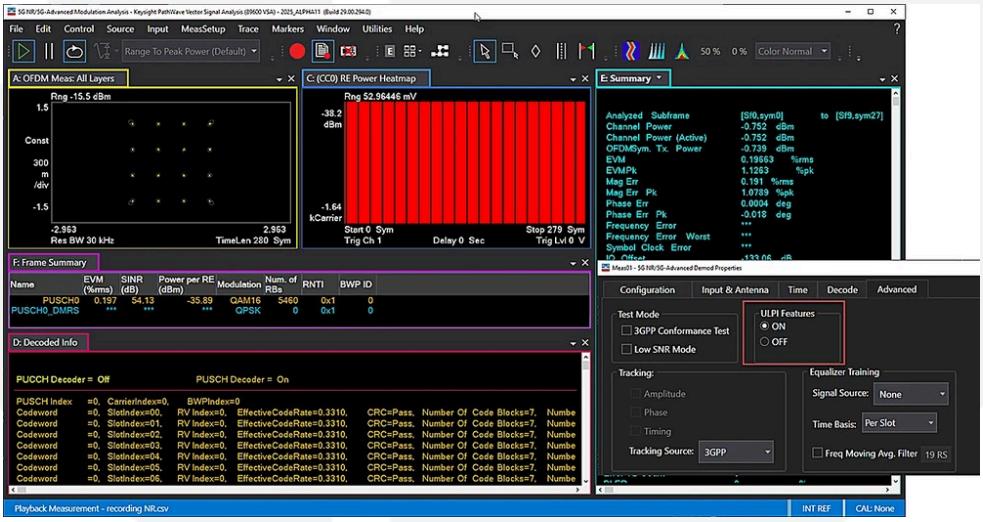



**Рисунок 11.** Анализ ULPI для случая DMRS-BF-EQ, когда DMRS в восходящей линии не передаётся, что видно по таблице Frame Summary (график F) (ULPI analysis for the DMRS-BF-EQ use case, where no DMRS is transmitted in the uplink as indicated by the Frame Summary table (Trace F))

Тел.: +7 (495) 252-00-96
Email: info-site@akmetron.ru
Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

## Одновременный анализ несущих 5G NR и LTE для сосуществования NR и LTE при динамическом совместном использовании спектра (Analyze 5G NR and LTE Carriers Simultaneously for NR and LTE Coexistence through Dynamic Spectrum Sharing)

Динамическое совместное использование спектра (DSS), также известное как сосуществование NR и LTE, позволяет сетям 5G работать в том же спектре, который сейчас используется LTE. Эта возможность позволяет операторам сетей эффективно развёртывать услуги 5G без выделения отдельных диапазонов частот, обеспечивая плавный переход от LTE к 5G.

ПО 89600 VSA позволяет инженерам анализировать сигналы DSS, определённые в спецификациях 3GPP, с возможностью одновременной демодуляции несущих 5G NR и LTE или последовательного анализа каждой несущей. В обоих случаях результаты измерений отображаются рядом, что позволяет напрямую сравнивать ключевые показатели, такие как EVM, мощность и ошибка частоты, у двух систем.

Такое двойное представление, показанное на рисунке 12, даёт наглядное представление о тонких взаимодействиях и эффектах помех между передачами NR и LTE, которые иначе могут остаться незамеченными, помогая инженерам проверять характеристики сосуществования и оптимизировать работу сети DSS.

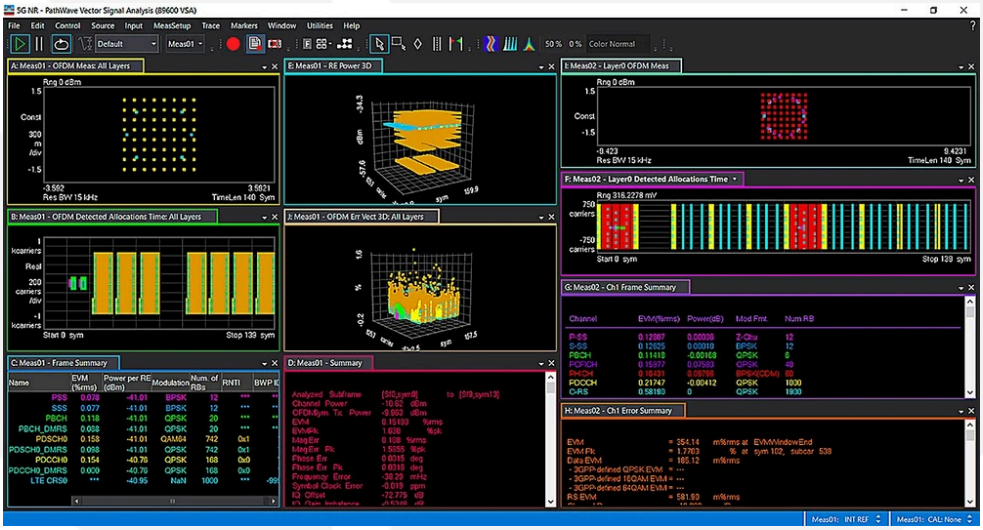


**Рисунок 12.** Возможность анализа DSS в VSA: одновременная демодуляция несущих 5G NR и LTE с отображением результатов измерений рядом (VSA's DSS analysis capability showing simultaneous demodulation of 5G NR and LTE carriers with side-by-side presentation of measurement results)

Тел.: +7 (495) 252-00-96
Email: info-site@akmetron.ru
Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

## Расширенный анализ EVM с ccEVM и IQ-NC (Enhanced EVM Analysis with ccEVM and IQ-NC)

Технологии, такие как 5G и 5G-Advanced, с полосами до 2 ГГц и порядками модуляции до 1024QAM, делают точные измерения EVM всё более сложными, особенно при низкой мощности сигнала. Шум аппаратуры измерений может скрывать истинные характеристики испытуемого устройства (DUT). Чтобы справиться с этим, ПО 89600 VSA с опцией 89601EVMC предоставляет два мощных метода подавления шума: EVM с взаимной корреляцией (Cross-Correlated EVM, ccEVM) и коррекцию шума IQ (IQ Noise Correction, IQ-NC). Эти методы значительно уменьшают вклад шума анализатора, обеспечивая, что измеренный EVM в основном отражает характеристики DUT.

В ccEVM несколько анализаторов сигналов, синхронных по времени (например, два для SISO или четыре для MIMO 2×2), одновременно захватывают и демодулируют один и тот же сигнал. За счёт взаимной корреляции получающихся векторов ошибок некоррелированный шум, вносимый аппаратурой измерений, подавляется, что снижает собственный уровень EVM (EVM floor). Это позволяет значению ccEVM представлять в основном шум, исходящий от DUT, или, при испытаниях усилителей, суммарный шум источника сигнала и DUT.

Как показано на рисунке 13, график EVM с взаимной корреляцией (Cross-Correlated EVM, график E) демонстрирует явное улучшение по сравнению с графиками EVM отдельных приёмников (графики B и D). В этом примере петли с генератором сигналов и двумя приёмниками ccEVM даёт улучшение EVM на 5,5 дБ для сигнала NR тестовой модели с полосой 100 МГц и модуляцией 1024QAM.

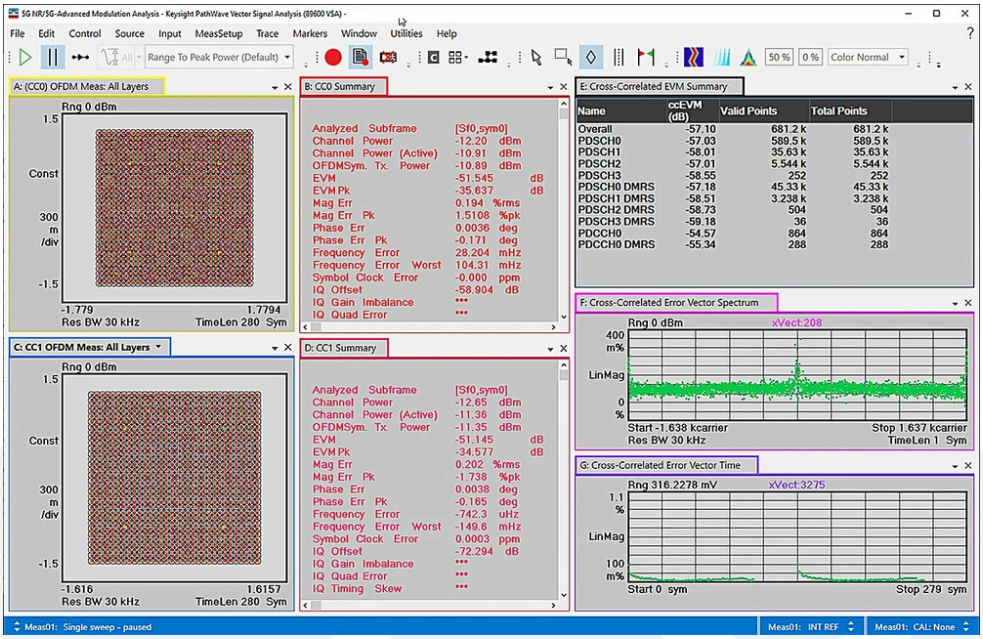



**Рисунок 13.** EVM с взаимной корреляцией (график E) в сравнении с EVM отдельных приёмников (графики B и D): улучшение на 5,5 дБ при измерении сигнала NR с полосой 100 МГц и модуляцией 1024QAM (Cross-correlated EVM (Trace E) compared with EVM of individual receivers (Traces B and D), showing a 5.5 dB improvement in a 100 MHz, 1024QAM NR signal measurement)

В IQ-NC используется один приёмник, чтобы скомпенсировать захваченный сигнал так, чтобы измеренный EVM не включал вклад шума аппаратуры анализа. Это достигается захватом нескольких повторений одного и того же сигнала, усреднением для отделения шума от сигнала, масштабированием шума и последующим повторным объединением.

Как показано на рисунке 14, график EVM с IQ-NC (график B) демонстрирует более высокую точность по сравнению с EVM, измеренным без IQ-NC (график D). В этом примере IQ-NC даёт улучшение EVM на 4 дБ.

Тел.: +7 (495) 252-00-96
Email: info-site@akmetron.ru
Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

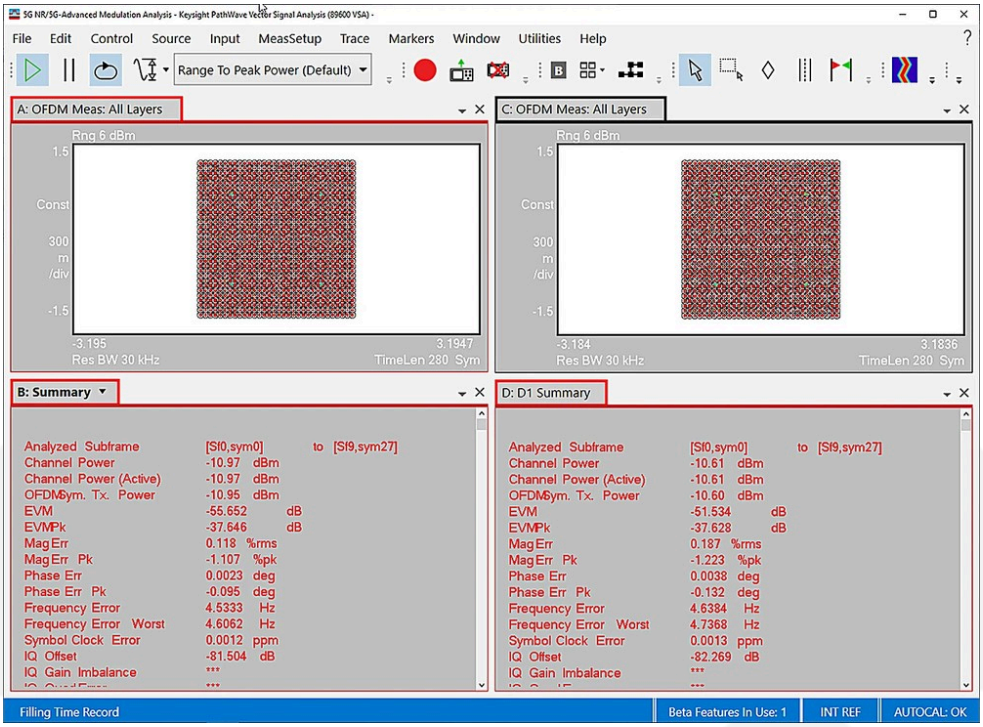



**Рисунок 14.** EVM с IQ-NC (график B) в сравнении с EVM без IQ-NC (график D): улучшение точности EVM на 4 дБ (IQ-NC EVM (Trace B) compared with EVM without IQ-NC (Trace D), showing a 4 dB improvement in EVM accuracy)

## Измерения Power Suite (Power Suite Measurements)

Приложение измерений Power Suite 89601PSMC обеспечивает измерения мощности в соседнем канале (ACP, Adjacent Channel Power) и маски спектральных излучений (SEM, Spectral Emissions Mask) с предустановками для испытаний радиочастотных характеристик на соответствие 3GPP. Возвращаются результаты «годен/не годен» по пределам, заданным 3GPP.

Тел.: +7 (495) 252-00-96
Email: info-site@akmetron.ru
Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

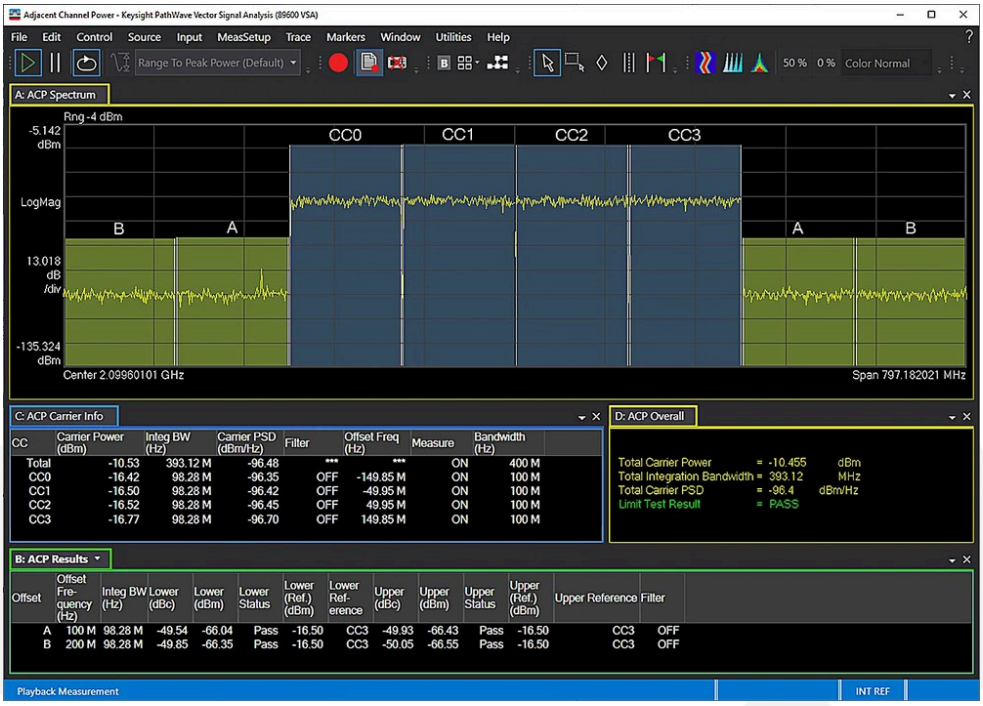



**Рисунок 15.** Многонесущее измерение ACP сигнала 5G NR с четырьмя смежными компонентными несущими (5G NR multi-carrier ACP measurement with four contiguous component carriers)

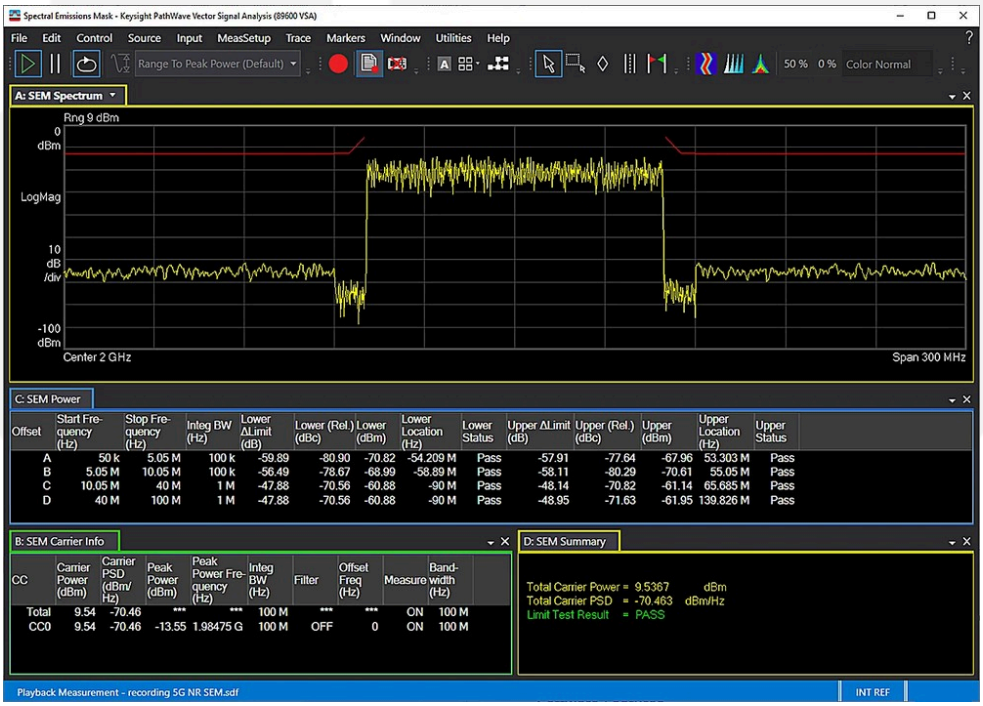



**Рисунок 16.** Измерение SEM одной несущей сигнала 5G NR (SEM measurement of a single carrier 5G NR signal)

Тел.: +7 (495) 252-00-96
Email: info-site@akmetron.ru
Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

## Функции ПО (Software Features)

### Основные поддерживаемые функции (Core Supported Features)

**Таблица 1. Основные поддерживаемые функции**

| **Функция (Feature)** | **Описание (Description)** |
|---|---|
| Стандарт (Standard) | Серия 3GPP TS 38, выпуски 18, 17, 16 и 15 |
| Open-RAN | Часть решения Keysight Open RAN Studio для испытаний на соответствие O-RU в восходящей и нисходящей линиях, совместимого со стандартом фронтхола O-RAN WG4 |
| **Нумерология, форма сигнала, структура сигнала (Numerology, Waveform, Signal Structure)** | |
| Нумерология (Numerology, μ) | μ 0–6: 15 кГц, 30 кГц, 60 кГц с нормальным CP, 60 кГц с расширенным CP, 120 кГц, 240 кГц, 480 кГц, 960 кГц<br>Примечание: поддерживается смешанная нумерология внутри BWP или нескольких BWP |
| Форма сигнала (Waveform) | CP-OFDM для DL и UL. Прекодирование с преобразованием (DFT-S-OFDM) для UL |
| Структура кадра (Frame structure) | Кадр, подкадр, слот |
| Структура слота (Slot structure) | Все DL, все UL, смешанные DL и UL<br>Примечание: все DL и все UL используются для развёртывания FDD. Смешанные DL и UL используются для TDD |
| Направление сигнала (Signal direction) | DL и UL |
| Максимальная полоса для разных частотных диапазонов (FR) (Maximum bandwidth for different Frequency Ranges (FR)) | FR1 (ниже 7,125 ГГц): 3, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100 МГц<br>FR2-1 (24,25–52,6 ГГц): 50, 100, 200, 400 МГц<br>FR2-2 (52,6–71 ГГц): 400, 800, 1600, 2000 МГц |
| Число компонентных несущих (CC) (Number of Component Carriers (CC)) | До 32<br>Примечание: поддерживается одновременный захват всех CC или последовательный захват каждой несущей. |
| Число частей полосы (BWP) (Number of Bandwidth Part (BWP)) | До 5 BWP на компонентную несущую<br>Примечание: поддерживается начальная BWP DL с конфигурацией CORESET0 |

| | |
|---|---|
| Технологии с несколькими антеннами (Multiple antenna technologies) | Пространственное мультиплексирование MIMO до 8x8 в DL и UL. Поддержка прекодирования на основе кодовой книги и без кодовой книги в UL |
| Massive MIMO и формирование луча (Massive MIMO and beamforming) | До 24 ортогональных портов DMRS для MU-MIMO; формирование луча до 64 каналов |
| **Физические сигналы и каналы (Physical Signals and Channels)** | |
| Начальный доступ (Initial access) | PSS, SSS, PBCH, PBCH-DMRS<br>Периодичность: 5, 10, 20, 40, 80, 160 мс<br>Lmax: L=4, L=8, L=64 |
| Нисходящая линия (Downlink) | PDSCH (несколько пользователей), PDSCH-DMRS, PDSCH-PTRS, PDCCH (несколько CORESET и пространств поиска), PDCCH-DMRS, CSI-RS, RIM-RS, PRS<br>CSI-RS: до 32 антенных портов и периодичность от 4 до 640 слотов |
| Восходящая линия (Uplink) | PUCCH (формат 0/1/2/3/4), PUCCH-DMRS, PUSCH (несколько пользователей), PUSCH-DMRS, PUSCH-PTRS, PRACH с несколькими возможностями (multiple occasions), SRS с числом антенных портов до 4 |
| **Модуляция и кодирование (MCS) (Modulation and Coding (MCS))** | |
| PDSCH | Все форматы MCS из таблиц индексов MCS 5.1.3.1-1, 5.1.3.1-2, 5.1.3.1-3 и 5.1.3.1-4 (1024QAM в FR1) 3GPP TS 38.214 |
| PUSCH | Все форматы MCS из таблиц индексов MCS 5.1.3.1-1, 5.1.3.1-2, 5.1.3.1-3, 6.1.4.1-1 и 6.1.4.1-2 3GPP TS 38.214<br>Примечание: для PDSCH поддерживается 1024QAM по таблице MCS 5.1.3.1-4, как определено в 3GPP Rel-17. Для особых случаев применения PUSCH и PDSCH поддерживаются форматы общего назначения, такие как 8PSK, 1024QAM, и пользовательские форматы модуляции. Таблицы MCS приведены в спецификации 3GPP TS 38.214. |

| Декодирование каналов (Channel Decoding) | |
|---|---|
| PDSCH и PUSCH | Декодирование LDPC для PDSCH и PUSCH с выбором алгоритма Offset Min Sum или Belief Propagation. Результаты измерений включают кодовое слово (Codeword), индекс слота, эффективную скорость кода, число кодовых блоков, число исправленных битов, статус CRC «годен/не годен» и данные после дескремблирования, после обратного согласования скорости, декодированный CB или декодированный TB. Кроме того, результаты BLER и пропускной способности представлены в сводной таблице. Если информация управления восходящей линии (UCI) мультиплексирована с данными PUSCH, декодированная информация содержит HARQ-ACK, CSI1, CSI2 и CG-UCI. |
| PDCCH | Полярное декодирование для PDCCH. Результаты измерений включают статус CRC «годен/не годен» и декодированные биты.<br>Для формата DCI 0_0 результаты измерений включают: идентификатор формата, UL/SUL, распределения по частоте и времени, скачкообразную перестройку частоты, отображение VRB-PRB, MCS, индикатор новых данных (NDI), RV, номер процесса HARQ и управление мощностью PUSCH.<br>Для формата DCI 1_0 результаты измерений включают: идентификатор формата, распределения по частоте и времени, отображение VRB-PRB, MCS, индикатор новых данных (NDI), RV, номер процесса HARQ, DAI, PDSCH-to-HARQ feedback, PTC для PUCCH, индикатор ресурса PUCCH, управление мощностью PUCCH.<br>Также доступны данные после дескремблирования, после обратного согласования скорости, декодированный CB или декодированный TB.<br>Примечание: при использовании автоопределения PDCCH декодированная информация также включает: уровень агрегации, индекс кандидата, размер полезной нагрузки и формат DCI. Это охватывает форматы DCI 0_0, 1_1, 1_0 и 0_1. |

| | |
|---|---|
| PUCCH | Полярное декодирование для форматов PUCCH 0, 2, 3 и 4. Результаты измерений включают статус CRC «годен/не годен» и декодированные биты, а также данные после дескремблирования, после обратного согласования скорости, декодированный CB или декодированный TB.<br>Примечание: для формата PUCCH 0 возвращаются только декодированные биты. К формату 0 CRC не добавляется. |
| PBCH | Полярное декодирование для PBCH. Результаты измерений включают индекс периода, индекс блока, индекс символа, декодированные биты, статус CRC «годен/не годен», SFN, HRF, общий SCS, смещение поднесущей SSB, положение DMRS типа A, PDCCH Config SIB1, Cell Barred, перевыбор соты на той же частоте (Intra frequency reselection). Также доступны данные после дескремблирования, после обратного согласования скорости, декодированный CB или декодированный TB. |
| **Параметры измерений (Measurement Parameters)** | |
| Cell ID | В нисходящей линии Cell ID можно определить автоматически, если присутствует SS/PBCH |
| Автоопределение SS/PBCH (SS/PBCH auto detection) | Параметры SS/PBCH можно определить автоматически, а определённые параметры возвращаются в сводной таблице |
| Автоопределение PDCCH (Beta) (PDCCH auto detection (Beta)) | Автоопределение на основе DCI для форматов 0_0, 0_1, 1_0 и 1_1. Определённые параметры возвращаются в таблице декодированной информации (Decoded Info) |
| Автоопределение PDSCH (Beta) (PDSCH auto detection (Beta)) | Автоопределение на основе мощности сигнала. Определённые параметры сигнала не возвращаются |
| Автоопределение PUSCH (Beta) (PUSCH auto detection (Beta)) | Автоопределение на основе мощности сигнала для формы сигнала на основе CP-OFDM. Определённые параметры сигнала не возвращаются |
| Автоопределение PRACH (PRACH auto detection) | Автоопределение на основе мощности сигнала. Автоматически определяемые параметры включают идентификатор преамбулы (PID) и опережение времени (TA, timing advanced) |
| Тестовая модель для БС (Test model for BS) | Предопределённые тестовые модели FDD и TDD для базовой станции. FR1 TM1.1, 1.2, 2.0, 2.0a, 2.0b, 3.1, 3.1a, 3.1b, 3.2, 3.3. FR2 TM1.1, 2.0, 2.0a, 3.1, 3.1a |

| | |
|---|---|
| Тестовая модель для SAN (Test model for SAN) | Предопределённые тестовые модели NTN для узла спутникового доступа (SAN). FR1 TM1.1, 1.2, 2, 3.1, 3.2, 3.3. FR2 TM1.1, 2, 3.1 |
| Быстрые настройки (Quick setups) | Предоставляет список предустановок, часто используемых конфигураций, для удобного сохранения и загрузки типовых конфигураций |
| Область анализа (Analysis region) | Длина результата и интервал измерения в подкадрах, слотах и символах<br>Примечание: в качестве интервала измерения можно использовать несколько подкадров, несколько символов или их сочетание |
| Масштабный коэффициент времени (Time scale factor) | Задаёт значение, на которое масштабируются полоса и длительности измеряемого сигнала.<br>Пример: для сигнала с полосой 2 ГГц масштабный коэффициент времени будет равен 20 относительно передачи 5G NR с полосой 100 МГц |
| Граница начала анализа (Analysis start boundary) | Граница временного выравнивания области анализа может быть кадром, полукадром, подкадром или слотом |
| Режим захвата (Acquisition mode) | Определяет объём данных, захватываемых при измерении. При использовании аппаратного запуска захватывается меньше данных, что повышает скорость измерения |
| **Эквалайзер и отслеживание (Equalizer and Tracking)** | |
| Источник сигнала (Signal source) | Источником эквалайзирования могут быть RS или RS + данные. Эквалайзер также можно выключить |
| Временной базис (Time basis) | Частота обучения эквалайзера может быть на слот, подкадр, кадр, длину результата, смежные слоты |
| Отслеживание (Tracking) | Отслеживание выполняется по амплитуде, фазе и времени |
| **Источник синхронизации и режим синхронизации (Sync Source and Sync Mode)** | |
| Автокорреляция CP (CP auto correlation) | Более быстрый способ расчёта границы символа для поиска символа синхронизации в частотной области. Применяется для случая одной нумерологии |
| Взаимная корреляция по времени (Time cross correlation) | Используется для расчёта границы символа для поиска символа синхронизации во временной области. Применяется для всех случаев |

| | |
|---|---|
| Источник синхронизации (Sync source) | Синхронизация по любому из сигналов нисходящей или восходящей линии. Для ULPI, если DMRS не передаётся, источник синхронизации устанавливается в «Not Provided». В восходящей линии при использовании заданных пользователем идеальных точек созвездия источник синхронизации можно установить в «All Signals» |
| Игнорировать данные MIB (Ignore MIB data) | Игнорирует данные MIB, присутствующие в индексах SS/PBCH анализируемого сигнала. Устраняет проблему синхронизации из-за недопустимых данных MIB |
| **Дополнительные параметры настройки (Additional Setup Parameters)** | |
| Режим низкого SNR (Low SNR mode) | Включает специальный алгоритм синхронизации и обработку демодуляции для случаев, когда входной сигнал очень зашумлён, например при испытаниях приёмников O-RAN. Также используется для поиска неисправностей, когда EVM неожиданно высок, а распределение RB для PDSCH/PUSCH невелико (например, 2 или 3 RB) |
| Искажения IQ (IQ impairments) | Режим оценки дисбаланса IQ (IQ imbalance estimation mode): задаёт режим расчёта дисбаланса IQ для каждой несущей или для каждой поднесущей<br>Компенсация дисбаланса IQ (Compensate IQ imbalance): применяет компенсацию дисбаланса IQ в соответствии с выбранным режимом оценки<br>Компенсация смещения IQ (Compensate IQ Offset): применяет компенсацию смещения IQ к несущей<br>DC punctured: исключает поднесущую DC из эквалайзирования и расчёта EVM |
| Неравномерность спектра UL (UL spectrum flatness) | Задаёт управление испытанием неравномерности спектра UL. Результаты испытания сводятся в сводной таблице |
| Единица вектора ошибки (Error vector unit) | Задаёт единицы, используемые для измерения и отображения результатов EVM на графиках спектра и времени вектора ошибки.<br>Временная область: на символ, на слот, на подкадр<br>Частотная область: на поднесущую, на RB, все RE |

| | |
|---|---|
| Компенсация смещения тактовой частоты символов (Compensate symbol clock offset) | Устраняет влияние сообщаемой ошибки тактовой частоты символов на EVM |
| Многонесущий фильтр (Multicarrier filter) | Можно использовать дополнительную фильтрацию для подавления соседних несущих, чтобы уменьшить EVM |
| Независимое измерение SSB/BWP (нисходящая линия) (Independent SSB/BWP measurement (Downlink)) | Оценки и компенсация ошибок времени/частоты/тактовой частоты независимы для SSB и BWP |
| Расширение диапазона захвата частоты (Extend frequency lock range) | Расширенный диапазон захвата частоты увеличивает диапазон захвата демодулятора. Поддерживает диапазон захвата частоты до 1 МГц для испытаний неназемных сетей (NTN) |
| Отчёт EVM в дБ (Report EVM in dB) | Сообщает результаты EVM в дБ |
| Частотная характеристика канала по слотам (Per slot channel frequency response) | Изменяет график частотной характеристики канала так, чтобы он строился по слотам, а не по временному базису обучения эквалайзера (по умолчанию). Временной базис может быть на слот, подкадр, кадр или длину результата |
| Непрерывность фазы между слотами (Phase contiguous across slots) | Указывает, непрерывна ли фаза между слотами на несущей. Это влияет на алгоритм отслеживания фазы |
| Стратегия отслеживания и оценки канала (только PDSCH и PUSCH) (Tracking and channel estimation strategy (PDSCH and PUSCH only)) | Управляет отслеживанием и оценкой канала по физическим каналам PDSCH и PUSCH. Параметр используется для улучшения характеристик TAE/PAE, когда результаты оценки нестабильны |
| Опорные точки поднесущих (Subcarrier Reference Points) | Выбирает, определяются ли опорные точки созвездия автоматически или задаются вручную с внутренними опорными значениями, сохранёнными кнопкой Copy to User-Specified |
| PRACH TA относительно запуска (восходящая линия) (PRACH TA relative to trigger (Uplink)) | Указывает, отсчитываются ли результаты опережения времени PRACH относительно запуска или границы кадра |

## Поддерживаемые измерения (Supported Measurements)

**Таблица 2. Поддерживаемые измерения**

| Функция (Feature) | Описание (Description) |
|---|---|
| **Измерения до демодуляции (восходящая и нисходящая линии) (Pre-Demodulation Measurements (Uplink and Downlink))** | |
| CCDF | Показывает дополнительную кумулятивную функцию распределения (CCDF) для выбранного входного канала. Измерение CCDF можно выполнять для пакетных сигналов, исключая мощность в выключенном состоянии (OFF) |
| Сводка CCDF (CCDF summary) | Сводные данные включают среднюю и пиковую мощность, уровень мощности при разных процентах мощности и общее число накопленных точек |
| CDF | Кумулятивная функция плотности для данных в интервале измерения |
| Коррекция (Correction) | Кривая коррекции для компенсации частотной характеристики входной аппаратуры и входной цифровой фильтрации |
| Мгновенный спектр (Instantaneous spectrum) | Спектр, рассчитанный до усреднения данных |
| PDF | Функция плотности вероятности (PDF) сигнала |
| Исходное основное время (Raw main time) | Исходные данные времени, считанные с входной аппаратуры или из файла воспроизведения для выбранного канала, до коррекции или передискретизации |
| Время поиска (Search time) | Данные временной записи после передискретизации и временной подстройки, используемые для поиска импульса (или пакета) |
| Спектр (Spectrum) | Частотный спектр данных графика времени до демодуляции |
| Время (Time) | Данные времени сигнала, который подлежит демодуляции |
| **Данные демодуляции (восходящая и нисходящая линии) (Demodulation Data (Uplink and Downlink))** | |
| | Предоставляет результаты демодуляции для каналов/сигналов восходящей и нисходящей линий |
| Диаграмма луча (Beam Pattern) | Трёхмерное представление всех доступных диаграмм лучей в системе |

| | |
|---|---|
| Пики лучей (сводка диаграмм лучей) (Beam peaks (beam pattern summary)) | Сводка пиков лучей всех пользователей на всех слоях во всех антенных группах по физическим каналам |
| Веса лучей (Beam weights) | Преобразованное представление данных мощности и фазы из таблицы MIMO Info. Данные предоставляются для первого пользователя, указанного в таблице MIMO Info |
| Сводка CC (CC summary) | Показывает результаты измерений для каждой компонентной несущей, такие как мощность, EVM, TAE, центральная частота, ошибка частоты, ошибка тактовой частоты, Cell ID |
| Частотная характеристика канала (Ch frequency response) | Показывает частотную характеристику канала по слотам, рассчитанную по опорному сигналу |
| Сводка по каналам (Channel summary) | Показывает сводные данные по каждому каналу для каналов на вкладке Input & Antenna |
| Декодированная информация (Decoded info) | Содержит декодированную информацию из PDSCH, PDCCH, PBCH, PUSCH, форматов PUCCH 0, 2, 3 и 4 |
| Декодированные символы (Decoded symbol) | Содержит декодированные биты из PDSCH, PDCCH, PBCH, PUSCH, форматов PUCCH 0, 2, 3 и 4 |
| Время обнаруженного распределения (Detected allocation time) | Цветное отображение, показывающее двумерную сетку с частотой по вертикальной оси и временем по горизонтальной оси. Каждая точка сетки представляет один ресурсный элемент (1 поднесущая x 1 символ) |
| Трёхмерный вектор ошибки (Error vector 3D) | Трёхмерное представление данных графиков спектра вектора ошибки и времени вектора ошибки |
| Спектр вектора ошибки (Error vector spectrum) | EVM как функция поднесущей или ресурсного блока (RB) в частотной области |
| Время вектора ошибки (Error vector time) | EVM как функция символа OFDM, слота или подкадра во временной области |
| Сводка кадра (Frame summary) | Таблица, показывающая EVM, SINR, мощность (дБм), формат модуляции, число RB, RNTI и идентификатор BWP для каждого канала, присутствующего в интервале измерения, с цветовой маркировкой по типу канала |

| | |
|---|---|
| Сводка ошибки частоты (Frequency error summary) | Таблица, дающая ошибку частоты по подкадрам |
| Мгновенная частотная характеристика канала (Inst Ch frequency response) | Показывает частотную характеристику канала текущей развёртки |
| Спектр дисбаланса IQ (IQ imbalance spectrum) | Показывает дисбаланс усиления IQ и квадратурную ошибку IQ по поднесущим до компенсации искажений IQ |
| Измеренное IQ (IQ measured) | Созвездие IQ демодулированного сигнала. Каждая точка представляет амплитуду и фазу одной поднесущей в частотной области и одного символа во временной области |
| Опорное IQ (IQ reference) | Опорное созвездие IQ для расчёта значений EVM сигнала |
| Число обусловленности MIMO (MIMO condition number) | Показывает число обусловленности MIMO для каждой поднесущей или ресурсного блока или для широкой полосы |
| Частотная характеристика канала с эквалайзером MIMO (MIMO Eq Ch Freq Resp) | Показывает частотную характеристику канала для всех активных путей |
| Информация MIMO (MIMO Info) | Показывает характеристики по каждому каналу, такие как EVM, мощность, смещение времени/частоты/фазы, а также мощность перекрёстных каналов передаваемого сигнала MIMO.<br>Доступны таблицы CSI-RS MIMO Info и DMRS MIMO Info. |
| Мощность RE в 3D (RE Power 3D) | Мощность ресурсного элемента (RE) по символам и поднесущим |
| Тепловая карта мощности RE (RE power heatmap) | Двумерное представление мощности RE: символы по оси x, несущие по оси y, мощность (в дБм) представлена цветом |
| Спектр СКЗ вектора ошибки (RMS error vector spectrum) | Среднеквадратичное (RMS) среднее значение EVM для каждой поднесущей или ресурсного блока (RB) |
| Время СКЗ вектора ошибки (RMS error vector time) | Среднеквадратичное (RMS) среднее значение EVM для каждого символа, слота или подкадра |

| | |
|---|---|
| Сводка слотов (Slot summary) | Таблица, показывающая RNTI, EVM, SINR, мощность, формат модуляции, число RB и CRC для каждого канала, присутствующего в каждом слоте, пиковый EVM, индекс символа пикового EVM, индекс поднесущей пикового EVM, с цветовой маркировкой по типу канала.<br>Для PDSCH с известным эталоном (NR-TM PN23 или все нули) для каждого слота показываются ошибочные биты (Error Bits), общее число битов (Total Bits) и BER |
| Таблица символов (Symbol table) | Показывает числовые значения демодулированных данных для выбранного слоя |
| Сводка (Summary) | Таблица, дающая показатели качества демодулированного сигнала в интервале измерения: мощность канала, мощность канала (активная) мощность передачи символа OFDM (OSTP), EVM, ошибка частоты, ошибка амплитуды, ошибка фазы, ошибка тактовой частоты символов, смещение IQ, дисбаланс усиления IQ, квадратурная ошибка IQ, перекос времени IQ, смещение времени, корреляция синхронизации, источник синхронизации, Cell ID. При включённом декодировании каналов также показывает общее число транспортных блоков (TB), число ошибочных TB, BLER и пропускную способность |
| **Данные демодуляции (только нисходящая линия) (Demodulation Data (Downlink Only))** | |
| | Предоставляет результаты демодуляции для блока SS/PBCH нисходящей линии |
| Мощность SSPBCH (SSPBCH power) | Средняя мощность каждого SS/PBCH по входному каналу. Мощность можно измерять в дБм |
| Обзор SSPBCH (SSPBCH survey) | Относительная амплитуда или фаза по индексу SS/PBCH для входного канала |
| Сводка метрик, сообщаемых UE (UE reported metrics summary) | Метрики измерений, сообщаемые UE, такие как RSRP, RSRQ, RSSI и SINR для SSB и CSI-RS |
| **Данные демодуляции (только восходящая линия) (Demodulation Data (Uplink Only))** | |
| Неравномерность спектра эквалайзера EVM (EVM equalizer spectrum flatness) | Показывает измерение неравномерности спектра UL — одно из испытаний на соответствие для восходящей линии |

| | |
|---|---|
| Внутриполосное излучение (Inband emission) | Показывает спектр мощности RB для данных, заданных интервалом измерения и смещением измерения |

## Информация для заказа (Ordering Information)

### Лицензирование и конфигурация ПО (Software Licensing and Configuration)

Гибкое лицензирование и конфигурация (Flexible licensing and configuration)

- **Бессрочная (Perpetual):** лицензию можно использовать бессрочно.
- **Подписка (Subscription):** лицензия ограничена по времени определённым периодом, например 12 месяцев.
- **Привязанная к устройству (Node-locked):** позволяет использовать лицензию на одном указанном приборе или компьютере.
- **Переносимая (Transportable):** позволяет использовать лицензию на одном приборе или компьютере одновременно. Лицензию можно перенести на другой прибор или компьютер с помощью онлайн-инструмента Keysight.
- **Плавающая (Floating):** позволяет получать лицензию с сервера на приборах и компьютерах в сети, по одному одновременно. Для одновременного доступа можно приобрести несколько лицензий.
- **Портативная USB (USB portable):** позволяет конечному пользователю переносить лицензию с одного прибора или компьютера на другой только с сертифицированным USB-ключом (dongle), который приобретается отдельно.
- **Подписка на поддержку ПО (Software support subscription):** даёт владельцу лицензии доступ к технической поддержке Keysight и всем обновлениям ПО.

Базовая платформа 89600 VSA и подключение аппаратуры (необходима одна из опций 89601200C/89601201C/89601202C/89601203C) (89600 VSA Base Platform and Hardware Connectivity (One of 89601200C/89601201C/89601202C/89601203C Options is Required))

**Таблица 3. Модуляционный анализ 5G NR/5G-Advanced (89601BHNC): тип лицензии ПО, лицензия и подписка на поддержку**

| Тип лицензии ПО (Software License Type) | Лицензия ПО (Software License) | Подписка на поддержку (Support Subscription) |
|---|---|---|
| Привязанная к устройству, бессрочная (Node-locked perpetual) | SW1000-LIC-01 | SW1000-SUP-01 |
| Привязанная к устройству, по времени (Node-locked time-based) | SW1000-SUB-01 | Включена (Included) |
| Переносимая, бессрочная (Transportable perpetual) | SW1000-LIC-01 | SW1000-SUP-01 |
| Переносимая, по времени (Transportable time-based) | SW1000-SUB-01 | Включена (Included) |
| Портативная USB, бессрочная (USB portable perpetual) | SW1000-LIC-01 | SW1000-SUP-01 |
| Портативная USB, по времени (USB portable time-based) | SW1000-SUB-01 | Включена (Included) |
| Плавающая (одна площадка), бессрочная (Floating (single site) perpetual) | SW1000-LIC-01 | SW1000-SUP-01 |
| Плавающая (одна площадка), по времени (Floating (single site) time-based) | SW1000-SUB-01 | Включена (Included) |
| Плавающая (регион), бессрочная (Floating (regional) perpetual) | SW1000-LIC-01 | SW1000-SUP-01 |
| Плавающая (регион), по времени (Floating (regional) time-based) | SW1000-SUB-01 | Включена (Included) |
| Плавающая (весь мир), бессрочная (Floating (worldwide) perpetual) | SW1000-LIC-01 | SW1000-SUP-01 |
| Плавающая (весь мир), по времени (Floating (worldwide) time-based) | SW1000-SUB-01 | Включена (Included) |

**Таблица 4. Поддержка и подписка KeysightCare на один месяц (One-month KeysightCare Support and Subscription)**

| Лицензия ПО (Software License) | Тип лицензии ПО (Software License Type) |
|---|---|
| SW1000-SUP-01 | Продление подписки на поддержку на 1 месяц для бессрочной лицензии (1-month support subscription renewal for perpetual license) |

1. z означает разную длительность лицензии по времени: F — 6 месяцев, L — 12 месяцев, X — 24 месяца, Y — 36 месяцев. Все лицензии по времени включают подписку на поддержку той же длительности, что и срок лицензии.

2. y означает разную длительность подписки на поддержку: L — 12 месяцев (по умолчанию), X — 24 месяца, Y — 36 месяцев, Z — 60 месяцев. Подписку на поддержку необходимо приобрести для всех бессрочных лицензий, по умолчанию на 12 месяцев. Все обновления ПО и поддержка KeysightCare предоставляются для лицензий ПО с действующей подпиской на поддержку.

3. Подписку на поддержку для всех бессрочных лицензий можно продлевать ежемесячными продлениями.

### Конфигурация аппаратуры (Hardware Configuration)

ПО 89600 VSA поддерживает более 45 аппаратных платформ Keysight, включая анализаторы сигналов, универсальные тестеры (one-box-testers) и осциллографы. Полный список поддерживаемой в настоящее время аппаратуры — на сайте производителя.

### Обновление (Upgrade)

- Все опции 89600 VSA можно добавить после первоначальной покупки, они включаются лицензионным ключом.
- Подробнее об обновлениях — на сайте производителя.

## Дополнительные материалы (Additional Resources)

### Литература (Literature)

**Таблица 5. Литература**

| Модель-опция (Model-Option) | Описание (Description) |
|---|---|
| 5990-6553EN | 89600 VSA Software, брошюра (Brochure) |

| | |
|---|---|
| 5990-6386EN | 89600 VSA Software, руководство по конфигурации (Configuration Guide) |
| 5992-4210EN | Уровневые опции 89601200C/201C/202C/203C: базовый векторный анализ сигналов и подключение аппаратуры (Tiered Options 89601200C/201C/202C/203C Basic Vector Signal Analysis & Hardware Connectivity), 89600 VSA Software, технический обзор (Technical Overview) |
| 3121-1438.EN | Опция 89601PSMC: измерения PowerSuite (Option 89601PSMC PowerSuite Measurement), 89600 VSA Software, технический обзор (Technical Overview) |

Тел.: +7 (495) 252-00-96
Email: info-site@akmetron.ru
Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.