Техническое описание (Data sheet) на русском языке

Эмулятор радиоканалов Vertex

Эмулятор радиоканалов Vertex® — современная платформа, которая воспроизводит весь спектр шумовых и пространственных условий даже в самых сложных каналах беспроводной связи. Её возможности позволяют воссоздать реальную радиочастотную среду в лаборатории, чтобы выявлять проблемы с производительностью и определять их причины на ранних этапах разработки.

При создании Vertex использованы многолетний опыт лидерства в области эмуляции каналов и признанные в отрасли компетенции. Модульный ВЧ-тракт и мощное ядро обработки сигналов обеспечивают беспрецедентную масштабируемость и гибкость: прибор эффективно решает задачи как с малым числом каналов, например SISO или MIMO 2×2, так и с высокой плотностью каналов, необходимой для сценариев 5G, включая формирование луча MIMO, испытания MIMO по радиоканалу (OTA), агрегацию несущих и Massive MIMO.

Vertex прост в настройке и эксплуатации. Удобный графический интерфейс VIAVI, получивший признание в отрасли, позволяет быстро настраивать и точно проводить измерения.

Области применения

- Масштабирование от базовых сценариев SISO до задач с высокой плотностью каналов
  - Формирование луча MIMO
  - Испытания MIMO по радиоканалу (MIMO OTA)
  - Агрегация несущих
  - Massive MIMO
- Wi-Fi 7/8, Wi-Fi 6/6e, Wi-Fi 5, Wi-Fi 4, включая многоканальную работу (MLO)
- Проверка соответствия и производительности устройств
- Виртуальные драйв-тесты
- Ячеистые сети
- Применение в спутниковых (NTN) и авиационных системах

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

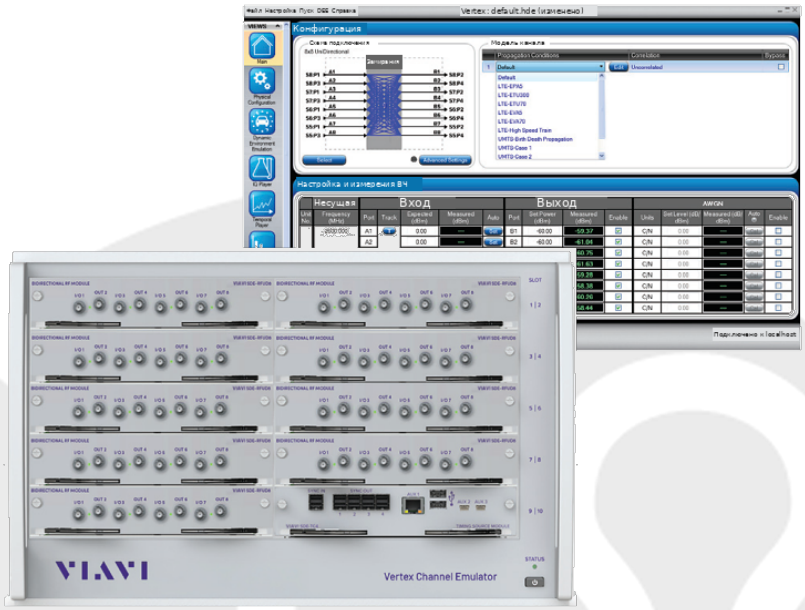

Рисунок 1. VIAVI Vertex Channel Emulator

Эмулятор радиоканалов Vertex компании VIAVI — самая масштабируемая в мире платформа эмуляции каналов. Эта современная измерительно-испытательная система точно моделирует сложное воздействие замираний сигнала на беспроводную передачу.

Система позволяет испытывать и оценивать работу устройств в сценариях с разной плотностью каналов: от базовых, таких как двухканальная система SISO, до сложных сценариев испытаний 5G с высокой плотностью каналов, включая MIMO OTA, формирование луча MIMO и агрегацию несущих.

Платформа Vertex сочетает модульность, масштабируемость и простоту эксплуатации. Это мощное решение для измерений и испытаний, которое отвечает потребностям постоянно развивающегося рынка беспроводной связи.

Особенности и преимущества

Масштабируемость

Эмулятор радиоканалов Vertex масштабируется для широкого круга задач. Один компактный прибор поддерживает от двух двунаправленных ВЧ-каналов для базовых ВЧ-испытаний до 72 портов для однонаправленных ВЧ-каналов в задачах с высокой плотностью каналов, таких как MIMO OTA.

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



Рисунок 2. Масштабирование Vertex Channel Emulator от SISO до приложений с высокой плотностью каналов

Модульность

Отдельные ВЧ-модули оптимизированы для однонаправленных или двунаправленных сценариев и поддерживают различные полосы частот. Это позволяет конфигурировать эмулятор радиоканалов Vertex под конкретные испытания с минимальным набором аппаратных средств. ВЧ-модули и модули цифровой обработки сигналов (DSP) можно заменять на месте эксплуатации, что упрощает модернизацию и обслуживание.

Каждый ВЧ-модуль оснащён независимым гетеродином (LO), благодаря чему один прибор Vertex поддерживает несколько несущих частот. Опциональный преобразователь FR3 MIMO расширяет диапазон частот до 23,5 ГГц. Управление осуществляется из единого графического интерфейса.

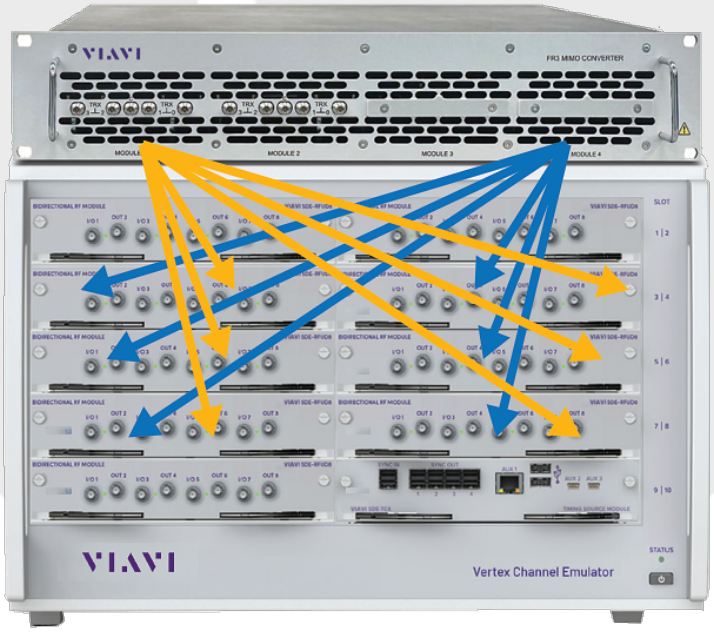

Рисунок 3. Vertex Channel Emulator и FR3 MIMO Converter

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

Высокая плотность каналов при компактных размерах

Эмулятор радиоканалов Vertex поддерживает до 72 портов и 256 цифровых линий связи в одном стоечном корпусе высотой 6U. Это повышает эффективность использования аппаратных средств в испытаниях, требующих большого числа ВЧ-каналов.

Широкие возможности моделирования каналов

Встроенная библиотека моделей распространения Vertex содержит широкий выбор стандартных моделей каналов и позволяет легко редактировать и сохранять изменения в стандартных и пользовательских моделях. Поддерживаются классические и геометрические модели каналов 2D/3D. Благодаря независимому моделированию каналов один Vertex поддерживает до 16 узлов ячеистой сети. Опциональное ПО VIAVI Raytracing позволяет с ещё большей точностью эмулировать сценарии для конкретной местности, включая моделирование движущихся объектов, например для интегрированного зондирования и связи (ISAC).

Простота эксплуатации

Удобный графический интерфейс (GUI) упрощает настройку сложных испытательных конфигураций. Библиотеки схем подключения наглядно представляют данные и упрощают работу со сложными конфигурациями. Для отладки важные данные отображаются в реальном времени, в том числе уровень мощности на каждом ВЧ-порту.

Интерфейс удалённого программирования (RPI)

Удалённое программирование поддерживается через TCP/IP по протоколу Telnet или SSH. Команды RPI обеспечивают обратную совместимость с эмулятором радиоканалов VIAVI VR5 HD.

Потоковая эмуляция динамической среды (LSDEE)

Потоковая эмуляция динамической среды дополняет интерфейс удалённого программирования эмулятора радиоканалов Vertex. Эта функция обеспечивает высокоскоростное управление широким набором параметров эмуляции.

При традиционной эмуляции динамической среды (DEE) пользователь может заранее создавать сценарии изменения параметров канала в ходе испытания. Для LSDEE предварительно задавать или компилировать состояния эмуляции канала и интервалы между состояниями не требуется. LSDEE сокращает время обработки и отслеживает поведение устройства для корректировки сценария в реальном времени. Это особенно важно для высокоскоростных сценариев, где ручное вмешательство может нарушить своевременное изменение параметров среды. Поддерживается тот же набор параметров эмуляции, что и при традиционной DEE.

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

Основные задачи испытаний

MIMO OTA

Для испытаний MIMO OTA требуется высокая плотность каналов, которая зависит от числа зондов в испытательной схеме. Эмулятор радиоканалов Vertex можно использовать как в безэховых, так и в реверберационных камерах, быстро переключаясь между конфигурациями для этих типов камер. При работе с безэховой камерой один Vertex поддерживает до 32 ВЧ-зондов и две несущие при 16 зондах с двойной поляризацией либо 8 зондов с двойной поляризацией. При работе с реверберационной камерой на одном приборе можно агрегировать до четырёх несущих.

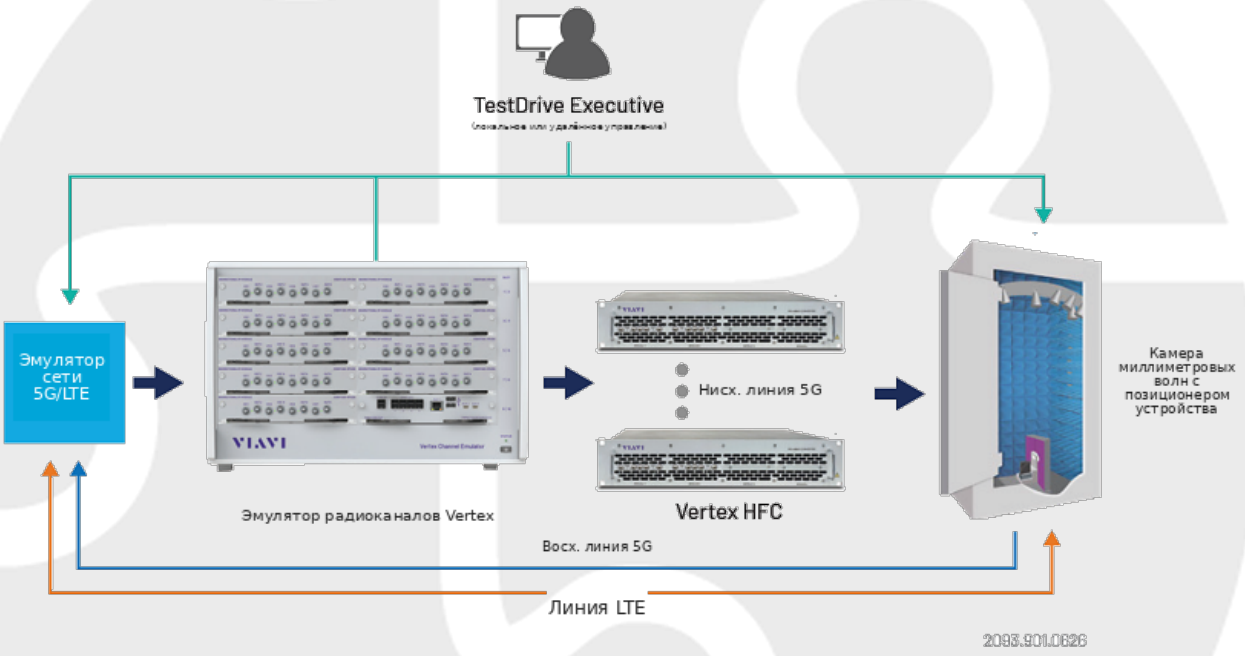

Рисунок 4. MIMO OTA

Виртуальные драйв-тесты

Vertex поддерживает до 16 сот SISO или до восьми сот MIMO 2×2 на одном приборе и точно воспроизводит в лаборатории реальные условия распространения сигнала в сети.

Эмуляция большого числа сот в сочетании с ПО VIAVI Live2Lab® Virtual Drive Test-Conversion Tool (Live2Lab VDT-CT) упрощает трудоёмкие драйв-тесты и делает их повторяемыми. Live2Lab VDT-CT преобразует журналы различных форматов (QXDM, Accuver и др.) в воспроизводимые имитации маршрутов движения в лабораторных условиях. Кроме того, Vertex позволяет отслеживать мощность на каждом порту в динамике, что упрощает диагностику проблем с уровнем мощности.

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

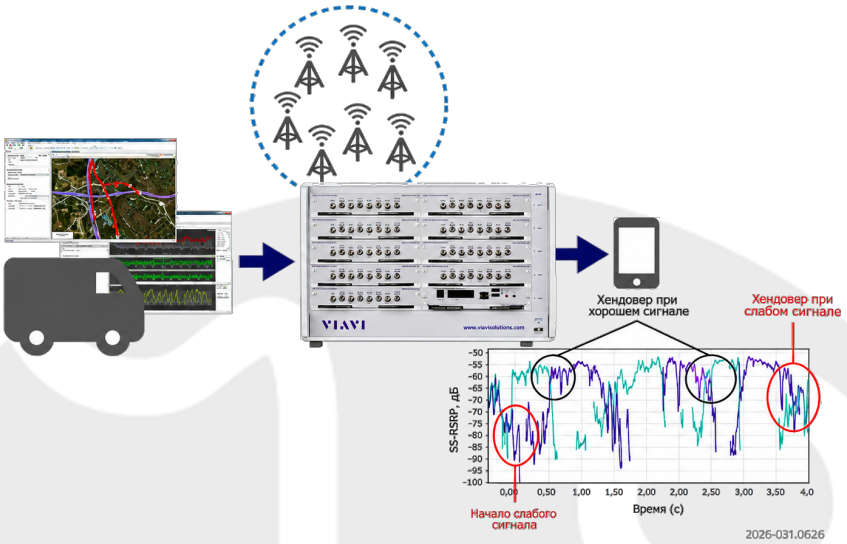

Рисунок 5. Виртуальное драйв-тестирование

AAS, Massive MIMO и формирование луча MIMO

До четырёх приборов Vertex можно объединить в одну систему с помощью устройства синхронизации в основной полосе Vertex Baseband Synchronizer (VBS). При наличии VBS приборы Vertex могут работать автономно или совместно как комплексное решение для Massive MIMO с эмуляцией замираний в реальном времени или при воспроизведении IQ-данных.



Рисунок 6. AAS, Massive MIMO и формирование луча MIMO

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

Ячеистые сети

В ячеистой сети каждый узел должен независимо обмениваться данными с остальными. Для этого при эмуляции канала требуется одновременно воспроизводить отдельный профиль замираний для каждой радиолинии, что увеличивает требования к числу ВЧ-антенных портов и к вычислительным ресурсам. Один прибор Vertex поддерживает до 16×16 независимых моделей каналов, что позволяет испытывать ячеистую сеть с числом узлов до 16.

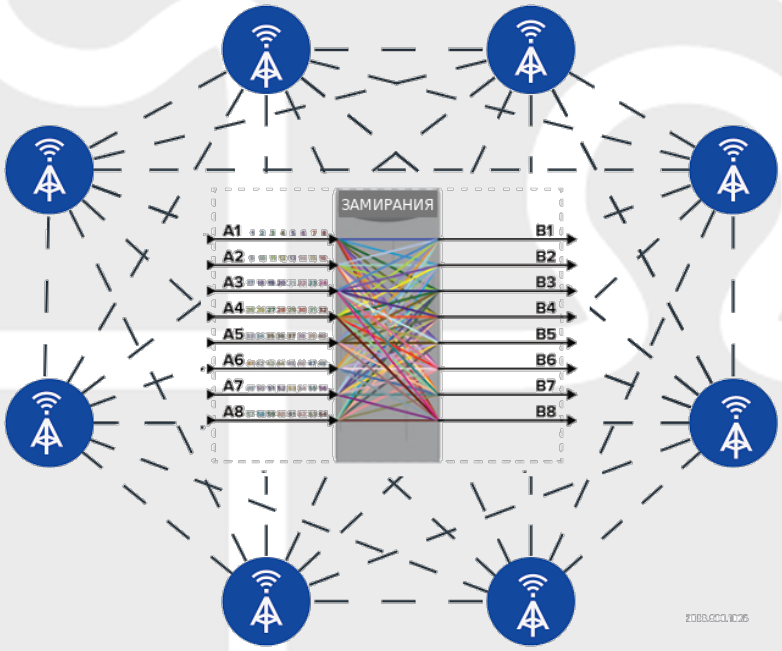

Рисунок 7. Mesh-сеть

Агрегация несущих

Vertex поддерживает до восьми двунаправленных несущих 2×2 на одном приборе и может использоваться для испытаний с агрегацией несущих. Каждую радиолинию можно моделировать независимо, воспроизводя условия канала для нескольких несущих одних и тех же eNB и gNB либо разных eNB и gNB. Та же конфигурация позволяет моделировать условия канала, инициирующие переключение между сотами (handover), и поддерживает сценарии координированной многоточечной передачи (CoMP).

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

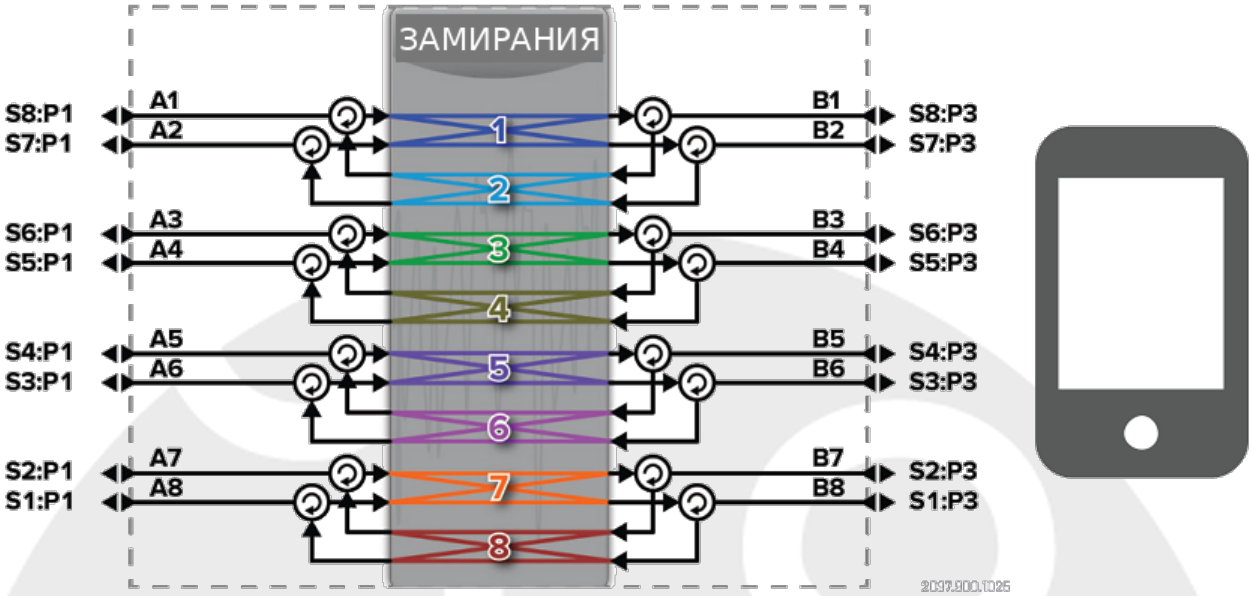

Рисунок 8. Агрегация несущих

Графический интерфейс пользователя

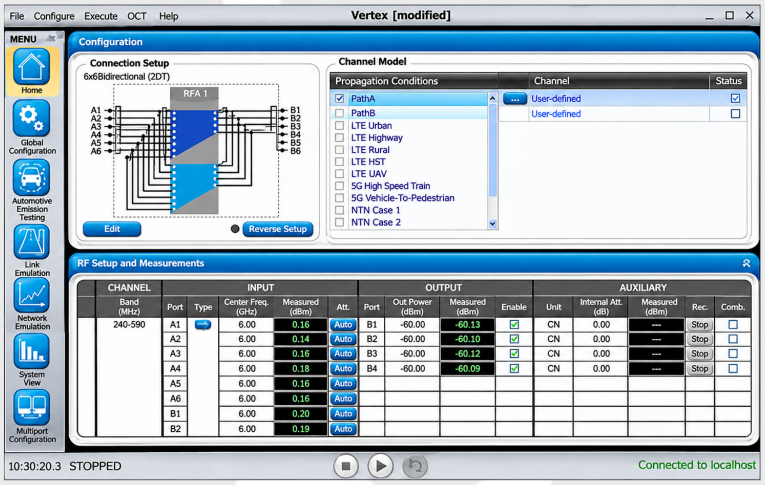

Рисунок 9. Графический пользовательский интерфейс Vertex

Пользователям, знакомым с эмулятором радиоканалов VIAVI VR5 HD, легко перейти на Vertex, поскольку оба прибора имеют одинаковые функции графического интерфейса. Интерфейс Vertex прост в использовании и понятно и кратко представляет информацию даже при первом запуске. Доступ к нему можно получить с дисплея, подключённого кабелем к порту Vertex, или с управляющего ноутбука. Подключения и ВЧ-параметры для моделирования канала легко настроить для работы в реальном времени. Обширный набор готовых к запуску стандартных моделей упрощает их выбор и запуск. Для настройки большинства сценариев испытаний достаточно нескольких щелчков мышью и выбора параметров в раскрывающихся меню.

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

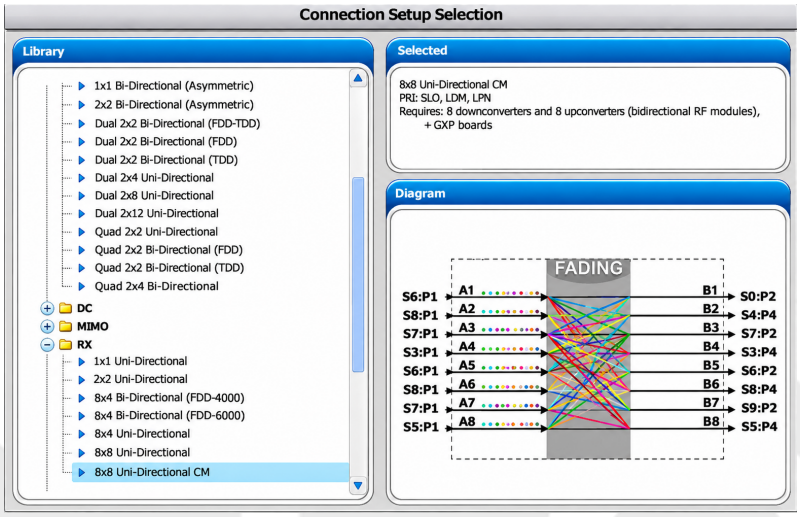

Рисунок 10. Библиотека схем соединений (Connection Setup)

Интерфейс наглядно отображает сложные в настройке конфигурации с высокой плотностью каналов. Например, схему подключения для MIMO 8×8, то есть 64 радиолиний, можно просмотреть, выбрав готовую конфигурацию в библиотеке Connection Setup.

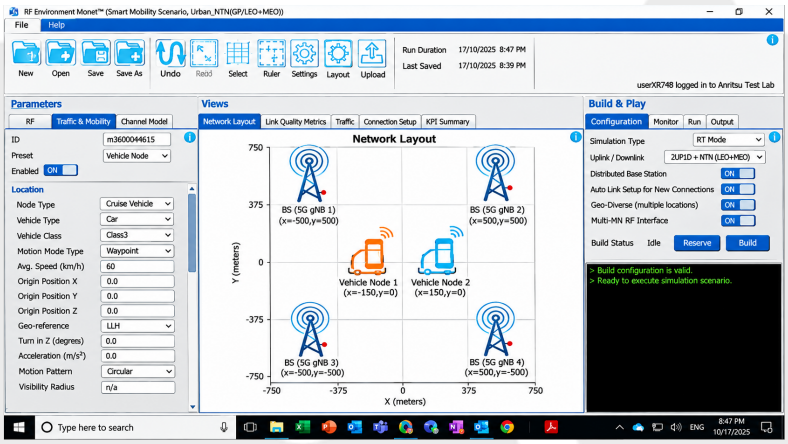

Рисунок 11. Построитель испытательной среды

Средства построения испытательной среды для проводных ВЧ-подключений, eNB и gNB OTA, Massive MIMO с фазовой матрицей (Phase Matrix), виртуальных OTA-испытаний (беспроводные кабели), ячеистых сетей (MESH), FR2 MIMO OTA (TS38.151), а также спутниковых и авиационных сценариев.

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

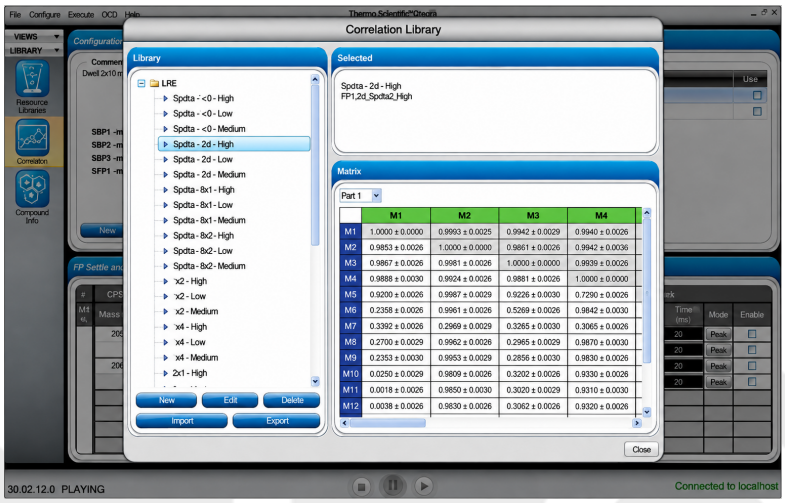

Рисунок 12. Настройка корреляционной матрицы MIMO

Корреляционную матрицу MIMO удобно настраивать в интерфейсе Vertex. Сложные матрицы, например для конфигурации 2×8, можно создавать вводом значений в таблицу, экономя время на написании сложных испытательных скриптов.

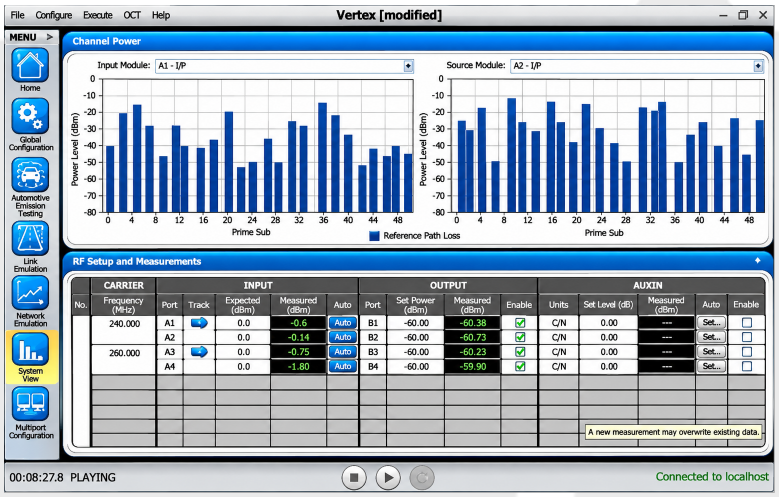

Рисунок 13. Отображение мощности канала в реальном времени

Интерфейс Vertex отображает мощность канала с учётом замираний в реальном времени. Это позволяет быстро выявлять отклонения от ожидаемого поведения и эффективно диагностировать проблемы.

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



Рисунок 14. Схема кабельных соединений для однонаправленной конфигурации 8×8

Встроенная в интерфейс Vertex схема кабельных соединений показывает, какие соединения нужно выполнить. Эта функция упрощает подключение кабелей в сложных конфигурациях и сводит к минимуму ошибки подключения. На изображении показана схема подключения для однонаправленной конфигурации 8×8.

Встроенный инструмент воспроизведения во времени также упрощает отслеживание уровня мощности на каждом порту в реальном времени. Это особенно полезно в сценариях переключения между сотами, которые зависят от уровней мощности обслуживающих сот.

Технические характеристики

Параметр	**Технические характеристики**
ВЧ-конфигурация	Один прибор • Двунаправленная 4×4 • Однонаправленная 16×16 • Двунаправленная до 8×8 Несколько приборов • Двунаправленная до 64×8 (TDD и FDD)
ВЧ-входы	Один прибор • До 32 Несколько приборов • До 128

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

ВЧ-выходы	Один прибор • До 32 Несколько приборов • До 128
Цифровые каналы	Один прибор • До 256 (плотность цифровых каналов — 16×16) Несколько приборов • До 1024
Полоса пропускания	40 МГц, 100 МГц, 200 МГц, 400 МГц, 600 МГц*, 800 МГц*, 1000 МГц*, 1200 МГц* * Путём объединения нескольких каналов
Диапазон частот	От 100 МГц до 7,325 ГГц Расширение до 23,5 ГГц с опциональным преобразователем FR3 MIMO
ВЧ-вход	• Диапазон входных уровней: от −50 до +15 дБм • Разрешение по уровню: 0,1 дБ • Порог повреждения: +33 дБм (пиковое значение)
Уровень ВЧ-выхода	• Диапазон от минимального до максимального уровня: от −110 до −10 дБм (среднеквадратическое значение) • Разрешение: 0,1 дБ
Измерители входной и выходной мощности	• Режимы ◦ Непрерывное измерение ◦ Запуск по ВЧ-пакету для стробируемых входных сигналов
Остаточная EVM, тип. (5G NR, 100 МГц)	• < −43 дБ: от 100 МГц до 1,5 ГГц • < −40 дБ: от 1,5 до 5 ГГц • < −37 дБ: от 5 до 7,325 ГГц (< −43 дБ с опциональным преобразователем FR3 MIMO)
Остаточный шум	Лучше −165 дБм/Гц при установленном выходном уровне −45 дБм
КСВН ВЧ-порта	1,5:1
Независимые пути распространения	До 24 путей на цифровой канал

Задержка	От 0 до 1 с при полосе ≥100 МГц, от 0 до 2 с при полосе 40 МГц, разрешение 0,1 vns
Относительные потери на пути распространения	От 0 до 40 дБ
Динамические параметры канала	• Плавно изменяемая задержка (распространение при движении) • Задержка с появлением и исчезновением путей (birth-death delay) • Профили 3GPP для высокоскоростных поездов (HST), логнормальные замирания (затенение)
Вносимая задержка	Минимум 2,65 мкс. Значение увеличивается в зависимости от топологии и количества приборов Vertex

* В более поздних версиях ПО

Технические характеристики (продолжение)

Параметр	**Технические характеристики**
Эмуляция динамической среды (DEE) и потоковая DEE (LSDEE)	• Управляемые параметры: ◦ Длительность состояния, уровень выходного сигнала канала, включение и выключение AWGN, C/N, включение и выключение пути, относительная мощность и задержка, угол прихода сигнала прямой видимости (LOS AoA), коэффициент K, сдвиг частоты, доплеровская скорость, фаза ветви MIMO, дисбаланс мощности и корреляция, фаза и потери линии, общая задержка, фаза пути, геометрические характеристики, доплеровский сдвиг на порту ◦ Частота обновления модели канала: 100 раз в секунду ◦ Способ запуска: по триггеру или свободное воспроизведение ◦ Режим воспроизведения: N циклов или зацикливание ◦ Поддерживается сглаживание
Модели на основе стандартов	LTE, Wi-Fi (802.11a/b/g, 802.11n, 802.11ac, 802.11ax), IMT-A, WiMAX, UMTS, CDMA2000® , HSPA, GSM, SCM/SCME (ITU-R M.2135), WINNER, Butler, 5G TDL и CDL, D2D

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

Пользовательские модели	Удобный интерфейс позволяет создавать собственные модели каналов и редактировать любую стандартную модель из библиотеки. Предусмотрена интеграция опционального ПО VIAVI Raytracing для более точной эмуляции сценариев на конкретной местности, включая моделирование движущихся объектов для интегрированного зондирования и связи (ISAC).
Режимы моделирования замираний	Классический, GCM, 3D GCM, MIMO OTA
Замирания в реальном времени	• Типы: рэлеевские, райсовские, чистый доплеровский сдвиг, сдвиг частоты, сдвиг фазы, логнормальные замирания (затенение) • Доплеровская частота замираний: до 12 кГц • Доплеровский сдвиг частоты: от −2 до 2 МГц • Относительная фаза: от 0 до 360°, разрешение 0,1° • Коэффициент Райса K: от −30 до +30 дБ • Точность частоты пересечения уровня (LCR): отклонение менее ±2,5% от теоретической кривой LCR для моделируемой скорости транспортного средства • Спектр мощности замираний: классический 6 дБ, плоский, классический 3 дБ, скруглённый, скруглённый 12 дБ, колоколообразный • Корреляция: программируемая комплексная корреляция между путями распространения
Замирания при воспроизведении IQ-данных	Поддерживается эмуляция замираний при воспроизведении IQ-данных
Аддитивный белый гауссовский шум (AWGN)	• Отношение C/N: от −40 до +40 дБ • Точность: ±0,1 дБ • Полоса пропускания: до 400 МГц • Настраиваемые режимы: C/N, Eb/No, N
Интерфейс управления	• Графический интерфейс пользователя на ПК • Удалённое программирование через Ethernet
Точность внутреннего опорного генератора 10 МГц	1 ppm

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

Агрегация несмежных несущих	Один прибор • До 16 независимых несущих Несколько приборов • До 64 независимых несущих
Ёмкость ячеистой сети	Один прибор • До 16 узлов с независимой задержкой до 2 с

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