

# Инновации в производственных испытаниях базовых станций 5G миллиметрового диапазона

Норм Смит (Keysight Technologies)

В статье рассказывается об инновациях в выносных радиомодулях миллиметрового диапазона, а также об ужесточении требований к характеристикам систем тестирования базовых станций.

## Вступление

Пандемия COVID-19 нарушила глобальные рынки сбыта, что предсказуемо повлияло на производственные цепи оборудования 5G. Это привело к тому, что некоторые страны объявили о задержках в своих планах по развёртыванию сетей 5G.

Несмотря на сложную глобальную экономическую ситуацию, вызванную пандемией, производители сетевого оборудования (NEM) и сетевые операторы реализуют план по наращиванию производства и развёртыванию сетей. Первое установленное оборудование 5G в основном было рассчитано на работу в диапазоне FR1 (от 410 МГц до 7,125 ГГц). На следующем этапе будет внедряться оборудование диапазона FR2 (от 24,25 до 52,6 ГГц), а точнее – 24,25...43,5 ГГц.

В связи с этим внимание акцентируется на проблемах увеличения объёмов производства высокопроизводительных базовых станций 5G NR и развёртывания малых сот миллиметрового диапазона.

## Ужесточение требований к характеристикам систем тестирования базовых станций

Специалисты по производству ВЧ сетевого оборудования знают, что тестирование базовых станций в диапазоне FR2 (см. рис. 1) предъявляет повышенные требования к приборам для измерения таких радиочастотных характеристик, как модуль вектора ошибки (EVM) и относительный уровень мощности в соседнем канале (ACLR) в миллиметровом диапазоне.

На высоких частотах наблюдается неизбежное увеличение шума полупроводниковых приборов и гармонических искажений в ВЧ компонентах и подсистемах базовой станции. Это значительно усложняет выполнение требований к высокой производительности систем 5G. Например, выполнение требования относительно сверхмалой задержки требует значительно меньшей ошибки фазы и более точной синхронизации на гораздо более высоких частотах, чем у предыдущих базовых

станций LTE четвёртого поколения, которые работали в диапазонах ниже 6 ГГц.

Кроме того, из-за компактной конструкции и отсутствия доступа к элементам антенны базовой станции для оценки соответствия высокочастотных характеристик стандартам 3GPP требуется тестирование по радиоэффиру. Оно выполняется в безэховой камере, такой как CATR от Keysight Technologies (см. рис. 2).

Требование выполнять тестирование по радиоэффиру означает, что интерфейсом взаимодействия с тестируемым устройством теперь является измерительная антенна внутри безэховой камеры, которая может быть расположена в нескольких метрах от контрольно-измерительного оборудования. От контрольно-измерительного оборудования требуются более высокие выходная мощность и чувствительность для компенсации потерь при прохождении сигнала миллиметрового диапазона в свободном пространстве по кабелю.

Поскольку несущие 5G NR диапазона FR2 могут иметь полосы 50, 100, 200 или 400 МГц, то следующую проблему представляет собой измерение EVM и ACLR для более широкополосных сигналов. Это особенно актуально при использовании агрегирования несущих, что



Рис. 1. Пример базовой станции 5G-диапазона FR2



Рис. 2. Безэховая камера Keysight CATR430



Рис. 3. Система тестирования базовых станций Keysight S9130A-TR1

увеличивает требования к полосе пропускания контрольно-измерительного оборудования.

Выполнение измерений по радиоэффиру связано с большими потерями в радиоканале. Эти потери заставляют использовать даже самые высокопроизводительные лабораторные измерительные приборы вне оптимального диапазона мощности, что ухудшает точность измерений ACLR и EVM. Кроме того, в схему измерений по радиоэффиру требуется вводить внешние компоненты, такие как усилители мощности и малошумящие усилители. Также необходимы антенные коммутаторы для переключения сигналов между антеннами с горизонтальной и вертикальной поляризацией с различными приборами при тестировании приёмника и передатчика. Калибровка различных трактов и компонентов в таких системах тестирования, собранных из традиционных лабораторных приборов миллиметрового диапазона, может занять очень много времени. Кроме того, количество таких систем сложно увеличивать при наращивании объёмов производства. Всё это приводит к удорожанию стендов для производственных испытаний оборудования миллиметрового диапазона и увеличению производственных площадей. Это происходит из-за необходимости использовать большие безэховые камеры для тестирования в диапазоне FR2. В целом по сравнению с измерениями в радиоканале, которые обычно выполняются в диапазоне FR1, вся среда тестирования по радиоэффиру в FR2 является более комплексной и труднее масштабируется.

### Инновации в выносных радиомодулях миллиметрового диапазона

В отличие от традиционных систем тестирования, показанный на рис. 3 высокопроизводительный многодиапазонный векторный трансивер (S9130A-TR1) использует современный выносной радиомодуль для повышающего преобразования частоты с ПЧ (до 12 ГГц) в частоту диапазона FR2 (24,25–43,5 ГГц). Благодаря выносному радиомодулю в системе устраняются большие потери в ПЧ кабеле между безэховой камерой и контрольно-измерительным оборудованием. Значительное уменьшение потерь достигается за счёт того, что выносной радиомодуль располагается вблизи безэховой

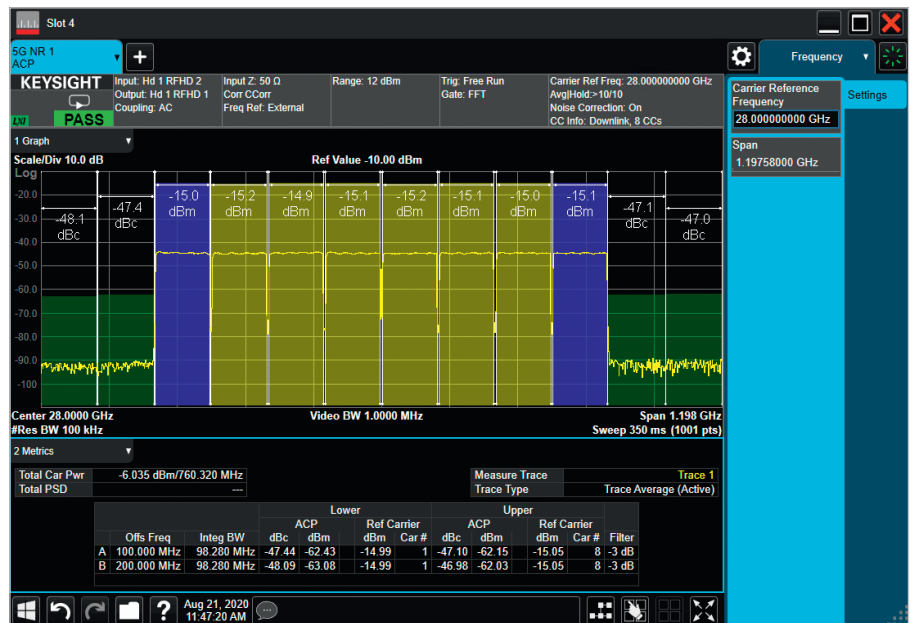


Рис. 4. Результаты измерения ACLR сигнала 8CC на частоте 28 ГГц с помощью S9130A-TR1Keysight S9130A-TR1

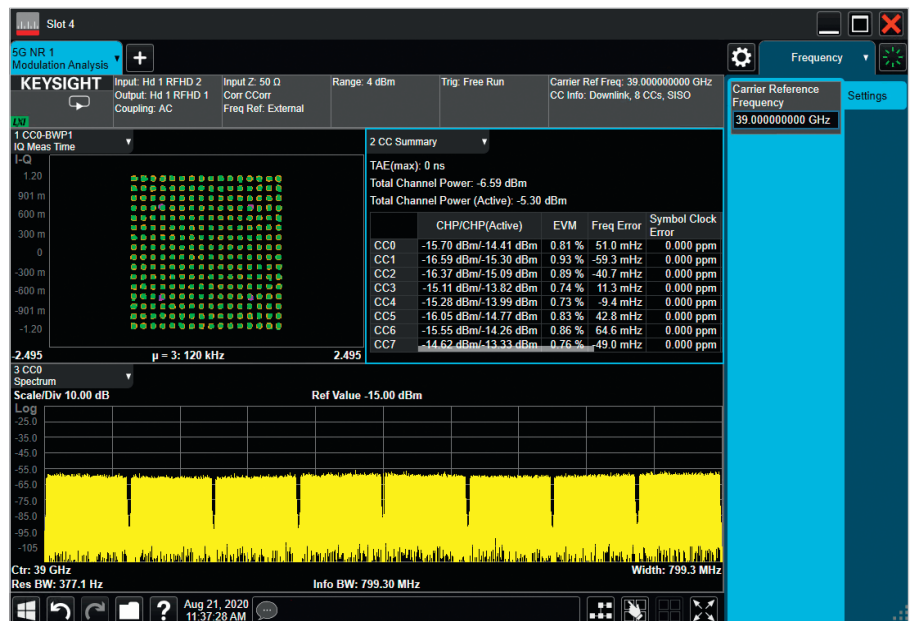


Рис. 5. Результаты измерения EVM сигнала 8CC на частоте 39 ГГц с помощью S9130A-TR1

камеры и соединяется с ней коротким кабелем.

Благодаря двум двунаправленным портам миллиметрового диапазона и регулируемому коэффициенту усиления в выносном радиомодуле, трансивер S9130A-TR1 может выполнять измерение отправляемых и принимаемых сигналов с горизонтальной и вертикальной поляризацией в широком диапазоне мощностей, чему способствуют минимальные потери в соединительном кабеле. Выносной радиомодуль объединяет несколько трактов и внешние компоненты, используемые в типовой лабораторной системе тестирования по радио-

эффиру, что позволяет сэкономить время на калибровку и значительно уменьшить сложность измерительной схемы.

Лучшие в своём классе возможности измерения ACLR и EVM в S9130A-TR1 теперь можно использовать для оценки характеристик базовых станций. Благодаря уникальному источнику сигнала в трансивере S9130A приёмник базовой станции можно тестировать столь же эффективно, как и передатчик.

На рис. 4 показаны результаты типового измерения ACLR сигнала 8CC 5G NR на частоте 28 ГГц с помощью S9130A в режиме тестирования по кольцу. На рис. 5 показаны результаты измере-



**Рис. 6.** Высокопроизводительный векторный трансивер M9415A VXT является основой нового решения S9130A

ния EVM сигнала 8CC 5G NR на частоте 39 ГГц.

### Сколько стоит тестирование?

Все, кто занимаются производственными испытаниями, знают, что их стоимость имеет большое значение, особенно когда дело доходит до тестирования с помощью традиционных лабораторных приборов. К счастью, благодаря инновациям в M9415A – новом модуле VXT формата PXIe, шириной три слота (см. рис. 6), с диапазоном частот до 12 ГГц для FR1, а также обеспечивающим тестирование на ПЧ – система S9130A (см. рис. 3) может работать в обоих диапазонах, FR1 и FR2.

Это решение значительно снижает стоимость оборудования за счёт устранения дорогостоящих компонентов миллиметрового диапазона, обеспечивающих непрерывность исследуемого диапазона частот, что не нужно в среде производственного тестирования.

### Тестирование на всех этапах разработки

Желая значительно снизить затраты за счёт отказа от традиционных лабораторных приборов, заказчики обнаруживают, что эти типы полосовых миллиметровых систем также хорошо подходят для высокоэффективного тестирования малых сот диапазона FR2 или макросот в ходе НИОКР, проверки разработок и испытаний на соответствие стандартам. Дополнительная информация об этом есть на сайте Keysight Technologies [1].

### Литература

1. 5G NR Base Station Test Solutions. URL: [www.keysight.com/find/basestationtest](http://www.keysight.com/find/basestationtest).



## НОВОСТИ МИРА

### Промышленный лидар за \$100

Миниатюрный лидарный датчик с широким полем обзора для ближнего зондирования стоимостью менее \$100 для массового автомобильного и промышленного применения выпустила компания Cepton Technologies.

Лидарный датчик Nova за \$100 имеет размеры 3,5 × 3,5 × 7,5 см и весит менее 350 г, что делает его самым маленьким лидарным датчиком с широким полем зрения (FOV) в мире для приложений ближнего радиуса действия. Устройство, по словам компании, предназначено для устранения серьёзных недостатков в обнаружении объектов на расстоянии с помощью современных сенсорных технологий. В настоящее время потребительские автомобили ограничены технологиями, которые не могут обеспечить истинную автономию уровня 3 или уровня 4 для массового рынка. Радары, камеры и ультразвуковые датчики подвержены большому количеству ложных срабатываний и ложных отрицаний. Вращающиеся лидары не встраиваются, что делает их непрактичными для потребительских автомобилей. Импульсные лидары со ближнего действия либо не имеют широкого поля зрения, либо не соответствуют требованиям к мощности и размеру для установки по всему автомобилю. Nova представляет собой лидарную инновацию для автомобильной промышленности, поскольку она обеспечивает непревзойдённый уровень производительности для такого небольшого форм-фактора.



Nova обеспечивает трёхмерное изображение высокого разрешения с широким полем зрения 90...120° (горизонталь) и 60...90° (вертикаль), в зависимости от конфигурации. Оснащённый технологией Micro Motion Technology (MMT), невращающийся, беззеркальный и не имеющий движущихся частей лидар Nova можно размещать по периметру транспортного средства, чтобы обеспечить полный обзор его непосредственного окружения на 360°. Устройство имеет угловое разрешение до 0,3° с максимальным радиусом действия до 30 м и идеально подходит для автомобильных систем Advanced Driver Assistance Systems (ADAS) и автономных транспортных средств (AV). Лидар может обнаруживать слепые зоны и небольшие объекты, оказывать автоматическую помощь при парковке и оценивать свободное пространство вокруг автомобиля. Для транспортных средств может быть применена архитектура с несколькими лидарами,

создающая круговую виртуальную зону безопасности при минимальном ущербе эстетике конструкции транспортного средства.

Nova идеально подходит для точного обнаружения объектов поблизости, таких как маленькие дети, дорожные объекты, края дороги, неподвижные объекты и многое другое. По заявлению компании, с таким уровнем возможностей и сверхкомпактным дизайном Nova может поддерживать не только приложения ADAS и AV, но также автономные наземные транспортные средства (AGV) и интеллектуальные промышленные приложения.

Модульная конструкция и легкодоступные компоненты делают лидар легко производимым в больших объёмах при очень низкой стоимости. Он предлагается как первый лидар ближнего радиуса действия с высоким полем обзора по цене менее \$100 США.

[www.cepton.com](http://www.cepton.com)



23-я Международная выставка  
электронных компонентов, модулей  
и комплектующих

[expoelectronica.ru](http://expoelectronica.ru)



18-я Международная выставка  
технологий, оборудования и материалов  
для производства изделий электронной  
и электротехнической промышленности

[electrontechexpo.ru](http://electrontechexpo.ru)

**13–15 апреля 2021**

Москва, Крокус Экспо

Получите Ваш  
бесплатный билет  
по промокоду **ee21print**



Реклама

