# Используйте все преимущества измерительных приборов миллиметрового диапазона

И НЕ ЗАБЫВАЙТЕ КЛЮЧЕВЫЕ ПРИНЦИПЫ ИЗМЕРЕНИЙ



# Содержание

# Используйте все преимущества измерительных приборов миллиметрового диапазона



(D)



Подключение к анализатору сигналов

Перейти к главе 1 >

Уход за соединителями

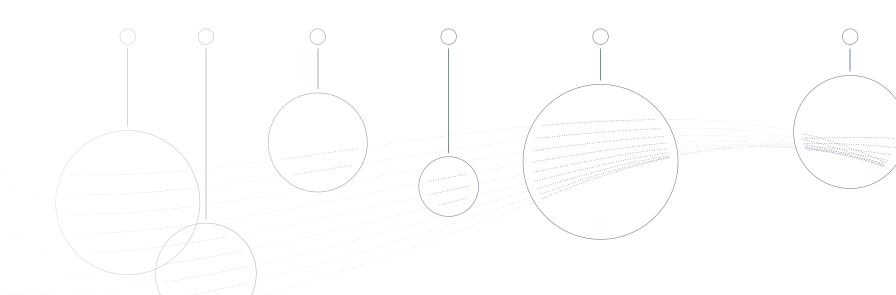
Перейти к главе 2 >

Использование динамометрических ключей

Перейти к главе 3 >

Использование внешних смесителей

Перейти к главе 4 >



### Введение

Измерения в миллиметровом диапазоне требуют особой точности и аккуратности. К счастью, с появлением все большего числа измерительных приборов миллиметрового диапазона длин волн технические проблемы становятся все менее пугающими. Анализаторы сигналов теперь перекрывают диапазон частот до 110 ГГц в коаксиальных трактах без применения внешних смесителей. Они обеспечивают низкий уровень шума, высокую точность и широкую полосу пропускания, позволяя инженерам сосредоточить внимание на своих проектах и полученных результатах измерений, а не на том, как объединить разрозненные измерительные приборы в единую измерительную систему, аттестация и прослеживаемость результатов измерений которой могут быть под вопросом.

Однако, все достигнутые с большим трудом результаты могут быть поставлены под сомнение, если вы упустите хотя бы один из базовых принципов выполнения достоверных измерений на столь высоких частотах. По определению к миллиметровому диапазону длин волн относятся частоты от 30 до 300 ГГц и длины волн до 1 мм. Столь малые длины волн являются причиной возникновения многих проблем.

Чтобы понять, как много подводных камней таят в себе измерения в миллиметровом диапазоне частот, начнем с простого и наглядного примера - соединителей. На рисунке 1 крупным планом показаны коаксиальные соединители "розетка" и "вилка" тракта 1 мм, в котором высшие моды возникают только на частотах свыше 110 ГГц.

Малые размеры и прецизионная геометрия соединителей и кабелей миллиметрового диапазона длин волн требуют специальной обработки и технологий изготовления. Они неизбежно имеют высокую цену и требуют деликатного обращения, ведь чем выше частота, тем меньше размеры соединителей. Не все типы соединителей в этом диапазоне частот механически совместимы. И даже если механическая совместимость обеспечивается, все соединения как разнотипных, так и однотипных соединителей представляют собой неоднородности с определенным импедансом, порождающие рассогласование, которого следует избегать везде, где это возможно.

Рассмотрим четыре основных принципа, которых нужно придерживаться при выполнении измерений в миллиметровом диапазоне длин волн.

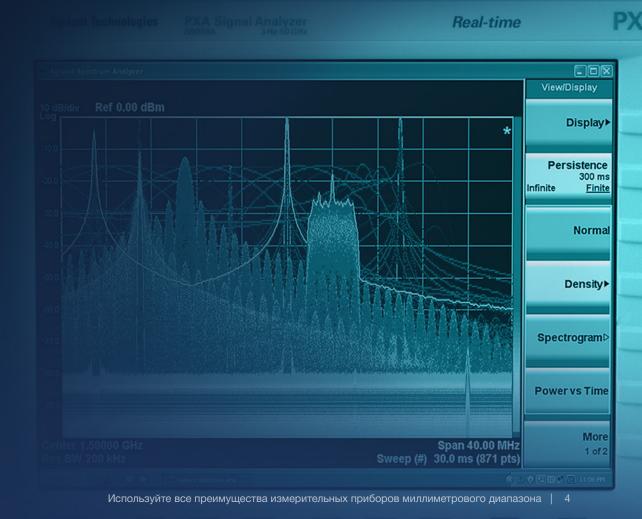


Рисунок 1. Соединители "розетка" и "вилка" тракта 1 мм. Центральный проводник соединителя справа имеет диаметр всего в четверть миллиметра.



# глава 1 Подключение к анализатору

Подключение к анализатору сигналов



### ГЛАВА 1 Подключение к анализатору сигналов

Возможно, самым важным соединителем является тот, который размещается на передней панели измерительного прибора. В миллиметровом диапазоне длин волн наилучшим выбором являются соединители типа "вилка", несмотря на их большую хрупкость в сравнении с соединителями "розетка". Обычной практикой является подключение на вход измерительного прибора предохранительного адаптера "розетка-розетка", но последствия такого выбора заключаются в том, что с ростом частоты возрастают рассогласование и вносимые адаптером или кабелем потери. Иногда имеет смысл приобрести кабели с правильным типом соединителей на каждом конце, невзирая на дополнительные затраты и сложности, особенно учитывая то, насколько важно сохранить мощность сигнала и высокие метрологические характеристики на этих частотах. Кабели, изготовленные на заказ, могут быть настолько короткими, насколько это возможно. Действительно, один из способов, который зачастую упускают из вида, заключается в том, чтобы держать исследуемое устройство (ИУ) и измерительный прибор как можно ближе друг к другу.

#### ПОДРОБНЕЕ



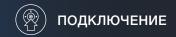
Блог: Почему на передней панели измерительных приборах миллиметрового диапазона размещают соединители типа "вилка"?



Рисунок 2. Несмотря на установившуюся практику размещать на передней панели измерительных приборов соединители типа "розетка", для измерительного оборудования миллиметрового диапазона (для частот от 30 ГГц до 300 ГГц), как правило, используют соединители "вилка". Соединитель "вилка" обеспечивает несколько большую защиту от различного рода повреждений.



Рисунок 3. Предохранительные адаптеры - это переходники, которые размещают между соединителем передней панели измерительного прибора и кабелями или исследуемыми устройствами. В случае повреждения или износа их можно легко заменить. Узнать больше о соединителях и переходниках вы можете на нашем сайте www.keysight.com.





# ГЛАВА 2 Уход за соединителями



### ГЛАВА 2 Уход за соединителями

Рисунок 1 напоминает нам еще об одном немаловажном аспекте – уходе за соединителями. У данных соединителей не наблюдается явных повреждений или нарушений геометрии, но, очевидно, имеет место некоторое загрязнение. Для соединителей, используемых в диапазонах СВЧ и миллиметровых длин волн, необходимо применять специальные материалы и методы чистки по причине их малых размеров. Кроме того, для контроля нахождения основных геометрических размеров соединителей в пределах жестких допусков, которые гарантируют приемлемое рассогласование по величине импеданса, используют специальные средства контроля геометрии соединителей.

### ПОДРОБНЕЕ



Рекомендации Правила ухода за соединителями по применению: СВЧ-диапазона (документ AN-326)



Рисунок 1. Соединители "розетка" и "вилка" тракта 1 мм. Центральный проводник соединителя справа имеет диаметр всего в четверть миллиметра.

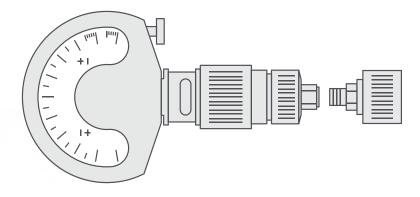


Рисунок 4. Для контроля нахождения основных геометрических размеров соединителей в пределах жестких допусков, которые гарантируют приемлемое рассогласование по величине импеданса, важно использовать специальные средства контроля геометрии соединителей.



### ГЛАВА 3

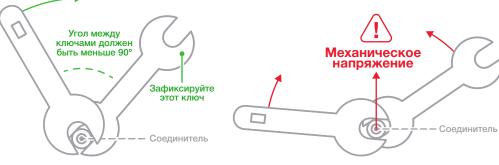
# Использование динамометрических ключей для подключения соединителей



## глава з Использование динамометрических ключей для подключения соединителей

Выбор динамометрического (тарированного) ключа с правильным усилием затяжки – еще один основополагающий принцип обеспечения качественного соединения при работе в миллиметровом диапазоне длин волн. Для минимизации рассогласования по величине импеданса и вносимых потерь крайне важны правильный выбор и использование динамометрического ключа. Также важно помнить о методах предотвращения механического повреждения соединителей.

Следует с осторожностью использовать ключи, поскольку усилия, которые вы прикладываете при затяжке гаек с помощью них, гораздо сильнее, чем если бы вы делали это с помощью пальцев, и вы не можете их ощущать и в полной мере контролировать. Кроме того, следует учитывать, что при подключении нескольких соединенных последовательно или просто длинных переходников, а также в случаях, когда исследуемое устройство подключается к измерительному порту напрямую, без использования кабелей, может иметь место чрезмерное механическое напряжение на излом. На рисунке, приведенном ниже, описан один из примеров – механическое напряжение в результате приложения ключом усилия, направленного вверх.



**НЕПРАВИЛЬНО** 

усиливает механическое напряжение,

направленное вверх

**ПРАВИЛЬНО**уменьшает механическое напряжение, направленное вверх

### ПОДРОБНЕЕ



Блог: Динамометрические ключи для соединителей диапазонов СВЧ и миллиметровых длин волн – просто о важном.

Рисунок 5. Использование правильно подобранных динамометрических ключей при закручивании и раскручивании гаек соединителей является хорошей практикой, но их неправильное использование может стать причиной чрезмерного механического напряжения в результате приложения ключом усилия, направленного вверх. При подключении и отключении соединителей следует поддерживать малый угол между двумя ключами, тогда такой проблемы не возникнет.





### ГЛАВА 4

# Внешние смесители

EXG Vector Signal Generator
NS1728

EXG Vector Signal Generator
1944-4 GHz

EXG

### ГЛАВА 4 Использование внешних смесителей

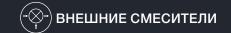
Учитывая потери, вносимые соединительными устройствами коаксиальных трактов, и трудность физической реализации соединения волноводных трактов, вам, скорее всего, захочется рассмотреть возможность использования внешних смесителей. Интеллектуальные смесители компании Keysight перекрывают диапазон частот от 50 до 110 ГГц, кроме того, они обеспечивают гораздо большие удобство и точность, чем смесители предыдущего поколения. Они послужат вам в роли детекторной головки, которая позволит перенести плоскость измерений непосредственно на вход исследуемого устройства. В случаях, когда анализаторам сигналов не хватает их собственного диапазона рабочих частот, он может быть расширен в область высоких частот с помощью смесителей.

### ПОДРОБНЕЕ



Блог: Использование внешних смесителей для анализа сигналов - возможно, вы уже пользуетесь этим методом





### Заключение

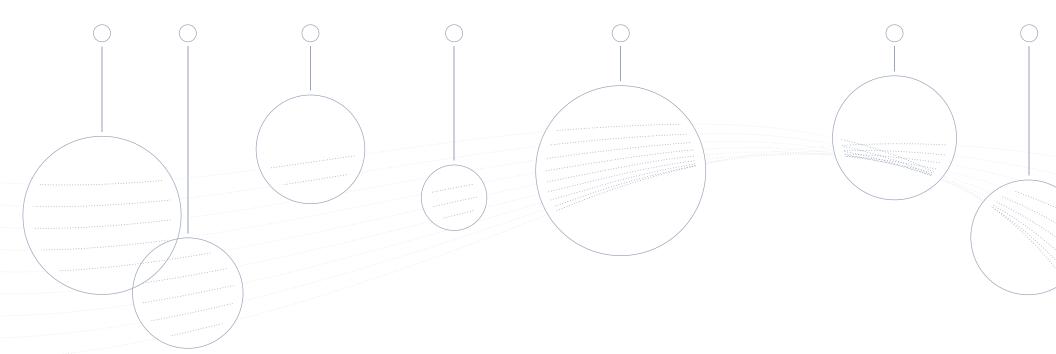
Перечисленные принципы являются базовыми и должны непосредственно применяться в повседневной практике. Они помогут вам пройти испытания, с которыми вы столкнетесь, если ваши разработки заведут вас в миллиметровый диапазон длин волн.

### ПОДРОБНЕЕ





Рекомендации 4 практических совета по применению: по повышению качества анализа сигналов в миллиметровом диапазоне





Информация может быть изменена без уведомления. | 5992-2995RURU © Keysight Technologies, 2018 | Published in USA, May 23, 2018 | keysight.com Bluetooth и логотипы Bluetooth являются товарными знаками, которые принадлежат Bluetooth SIG, Inc., США, и используются компанией Keysight Technologies по лицензии.