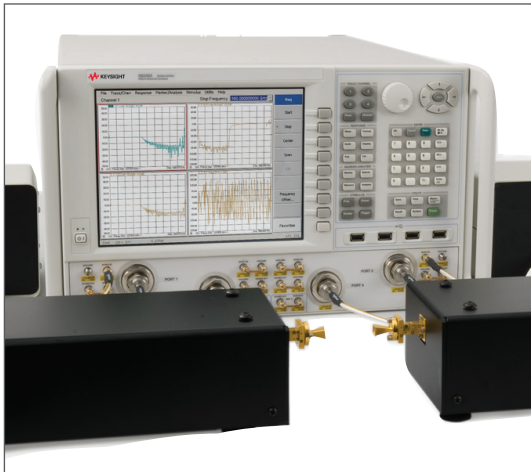
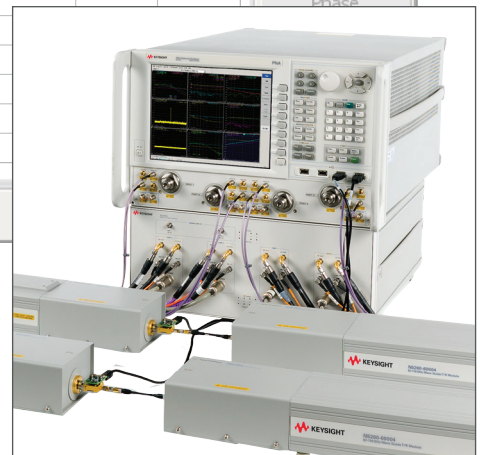
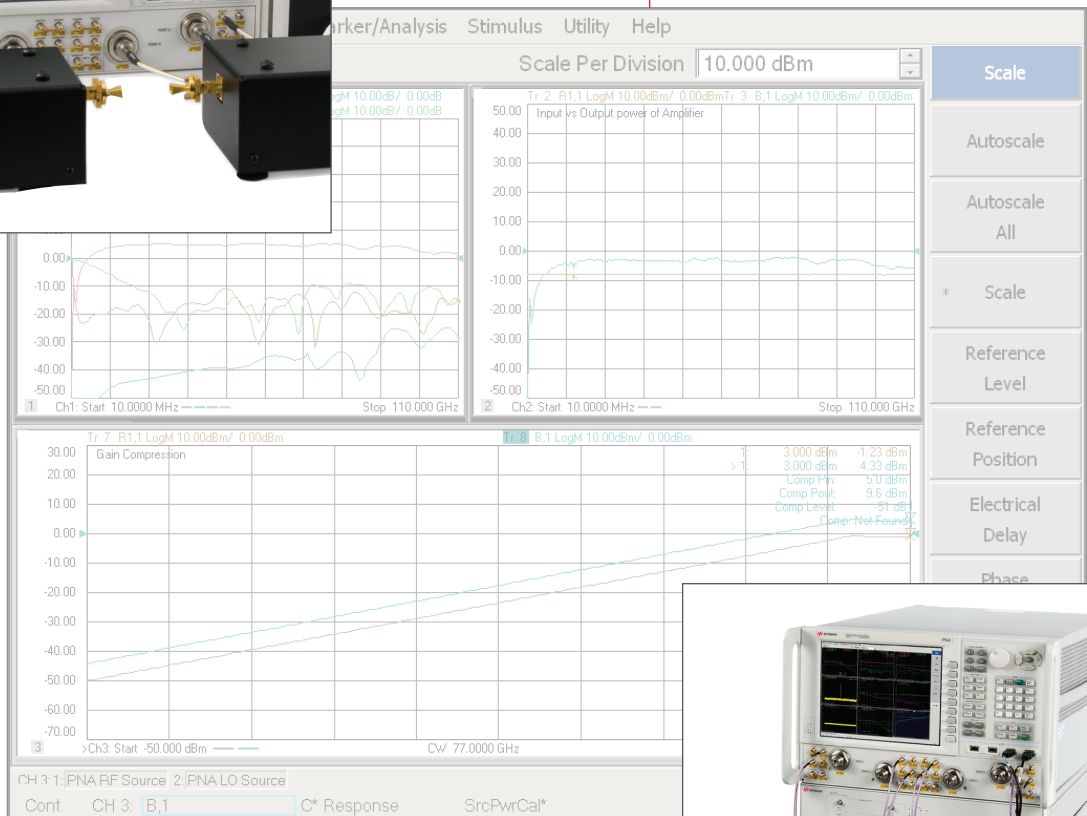


# Keysight Technologies

Анализаторы цепей миллиметрового диапазона, от 10 МГц до 110 ГГц, с расширениями до 1,1 ТГц



Технический обзор



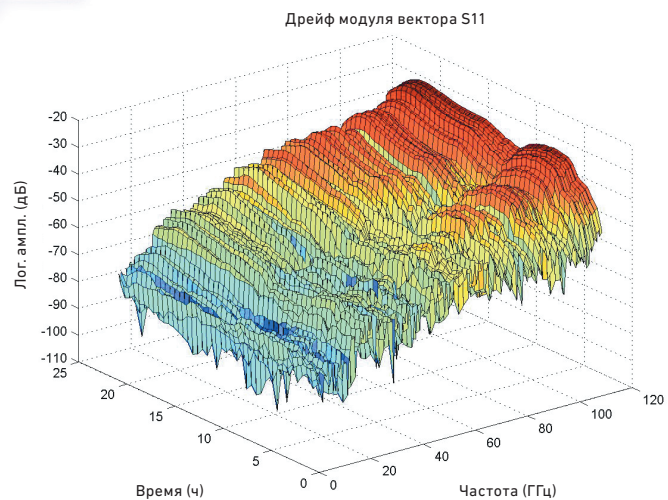
## Измерения в диапазоне частот от 10 МГц до 110 ГГц за один цикл свипирования

На сегодняшний день для измерений в диапазоне частот от 10 МГц до 110 ГГц за один цикл свипирования компания Keysight Technologies предлагает техническое решение на базе векторного анализатора цепей N5251A.

В решении N5251A используются измерительный контроллер миллиметрового диапазона и комбинация модулей расширения частотного диапазона, которые оснащены выходным разъемом измерительного порта в виде штекера 1,0 мм. Пользователи могут приобрести N5251A как готовое решение или сконфигурировать систему с использованием отдельных компонентов. Это дает возможность пользователям, имеющим анализаторы цепей модели N5227A, дополнить систему измерительным контроллером N5261 или N5262A и модулями расширения частотного диапазона для проведения измерений в диапазоне от 10 МГц до 110 ГГц.

Пользователи, которые имеют или планируют приобрести анализатор цепей N5247A серии PNA-X с диапазоном частот до 67 ГГц, также могут расширить его возможности и обеспечить измерения в диапазоне частот от 10 МГц до 110 ГГц за один цикл свипирования путем добавления измерительного контроллера N5261A/62A и набора модуля расширения частотного диапазона.

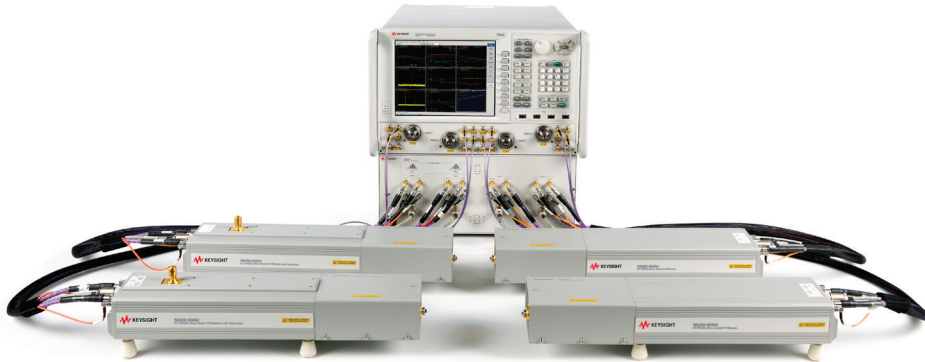
Техническое решение компании Keysight с частотным диапазоном до 110 ГГц является единственным широкополосным решением с интегрированными тройниками смещения с триаксиальными разъемами, которое обеспечивает точное управление напряжением смещения в устройстве за счет наличия источника/измерителя. Такое решение идеально подходит для определения характеристик устройств, моделирования и извлечения параметров на пластинах или с использованием коаксиальных подключений. Широкий диапазон частот с нижней границей вплоть до 10 МГц обеспечивает превосходное разрешение во временной области. С появлением анализатора цепей N5251A на тестируемое устройство можно подавать сигнал с точным регулируемым уровнем мощности, обеспечивая возможность свипирования мощности на порте с соединителем 1,0 мм.



## Техническое решение для измерения за один цикл свипирования N5251A (от 10 МГц до 110 ГГц)

Основой данной конфигурации анализатора цепей миллиметрового диапазона является анализатор цепей N5227A серии PNA. Данная система позволяет проводить измерения в диапазоне от 10 МГц до 110 ГГц за один цикл свипирования.

Решение предназначено для замены системы HP 8510XF и отличается улучшенными эксплуатационными характеристиками. В частности, добавлена функция управления сглаживанием приемника, возможно ее использование для точной настройки мощности в измерительном порте с соединителем 1,0 мм. По своей архитектуре решение схоже с анализатором цепей N5250C, но позволяет создавать конфигурации с 2 или 4 портами для измерений в диапазоне от 10 МГц до 110 ГГц. Информация по конфигурированию приведена в конце данного раздела.



### Основные конструктивные особенности

- Диапазон частот: от 10 МГц до 110 ГГц
- Встроенные цепи подачи смещения Кельвина на сумматорах позволяют доставить сигнал смещения ближе к тестируемому устройству
- Наилучший в отрасли показатель стабильности: дрейф за 24-часовой период не превышает 1%
- Полное управление мощностью источника во всем диапазоне частот от 10 МГц до 110 ГГц с выравниванием уровня по приемнику вплоть до -50 дБм
- Существующее оборудование компании Cascade позволяет легко интегрировать модули расширения частотного диапазона в состав зондовой станции
- Запатентованная компанией Keysight калибровка соединителей 1,0 мм при частоте 110 ГГц по методу взвешенных наименьших квадратов, которая обеспечивает наилучшие в отрасли показатели точности
- 2-портовые и 4-портовые измерения S-параметров в диапазоне от 10 МГц до 110 ГГц за один цикл свипирования
- Возможность широкой перестройки мощности во всем частотном диапазоне
- Поддержка измерений с использованием дифференциальных сигналов во всем диапазоне частот
- Поддержка скалярных измерений параметров смесителей на гармониках и смесителей на основной частоте
- Встроенная возможность импульсных измерений в диапазоне от 10 МГц до 110 ГГц
- Возможность измерения спектральных характеристик мощности

## Характеристики технического решения для измерения за один цикл свипирования N5251A

### Типовые неустранимые ошибки в соединителях 1,0 мм для 2-портового решения N5251A

| Частота              | Направленность | Отслеживание передачи | Согласование источника | Согласование нагрузки | Отслеживание передачи | Развязка |
|----------------------|----------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|----------|
| от 10 МГц до 2 ГГц   | -50 дБ         | -0,09 дБ              | -40 дБ                 | -40 дБ                | -0,04 дБ              | > 100 дБ |
| от 2 ГГц до 40 ГГц   | -44 дБ         | -0,065 дБ             | -44 дБ                 | -44 дБ                | -0,05 дБ              | > 100 дБ |
| от 40 ГГц до 75 ГГц  | -37,5 дБ       | -0,1 дБ               | -37 дБ                 | -37 дБ                | -0,1 дБ               | > 100 дБ |
| от 75 ГГц до 110 ГГц | -36,8 дБ       | -0,1 дБ               | -33 дБ                 | -36 дБ                | -0,08 дБ              | > 100 дБ |

Приведенные данные применимы при температуре окружающего воздуха  $23^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ , при отклонении от температуры калибровки менее  $1^{\circ}\text{C}$ . Данные получены с использованием типовых характеристик коаксиального интерфейса 1,0 мм, калибровочного набора 85059A (с соединителями 1,0 мм) и калибровкой со смещенной короткозамкнутой нагрузкой, а также расширенной математической обработки. Обратите внимание, что все данные представляют верхний предел типовых характеристик и являются предварительными данными, полученными с использованием существующей системы N5250C.

### Характеристики динамического диапазона системы, мощности порта и уровня шума

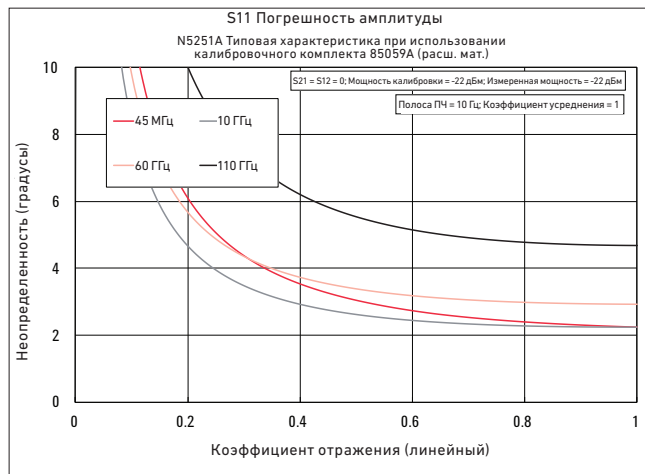
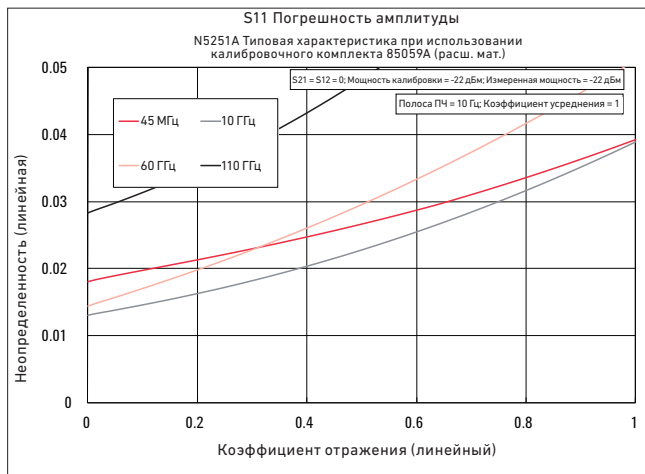
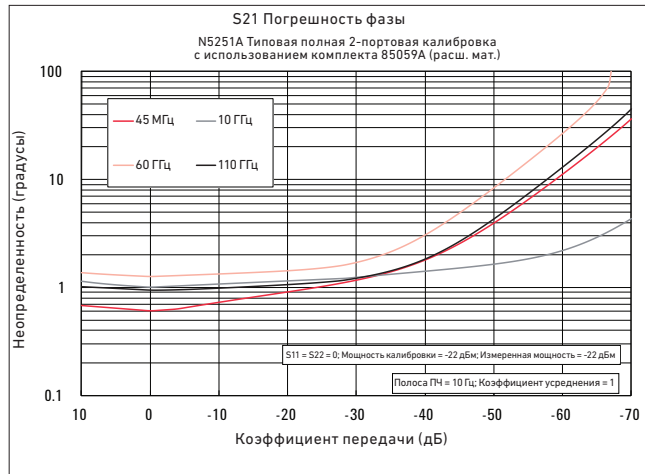
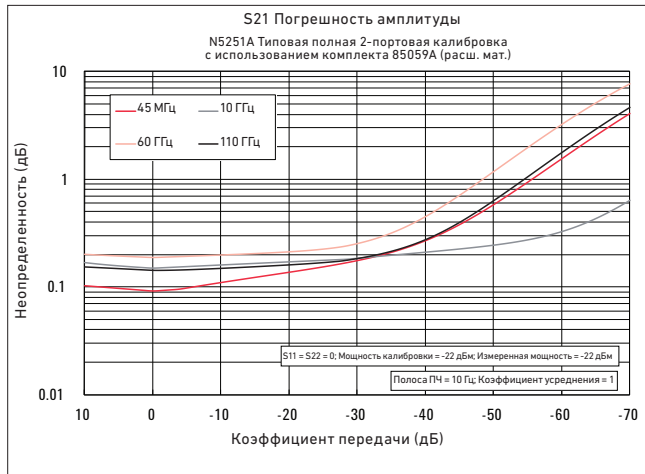
| Частота (ГГц)   | Макс. выходная мощность в измерительном порте (дБм) |   | Уровень шума (дБм)                       |   | Динамический диапазон системы (дБ)       |   |
|-----------------|---|---|--|---|--|---|
|                 | Измерительный порт с соединителем 1,0 мм            | Измерительный порт PNA с соединителем 1,85 мм | Измерительный порт с соединителем 1,0 мм | Измерительный порт PNA с соединителем 1,85 мм | Измерительный порт с соединителем 1,0 мм | Измерительный порт PNA с соединителем 1,85 мм |
| от 0,01 до 0,45 | 10  | 12  | -77                                      | -70   | 87                                       | 82  |
| от 0,045 до 0,5 | 12  | 13  | -95                                      | -92   | 107                                      | 105   |
| от 0,5 до 2     | 11  | 13  | -117                                     | -101  | 128                                      | 114   |
| от 2 до 10      | 11  | 13  | -116                                     | -114  | 127                                      | 127   |
| от 10 до 24     | 7   | 12  | -116                                     | -116  | 123                                      | 128   |
| от 24 до 30     | 7   | 12  | -108                                     | -106  | 115                                      | 120   |
| от 30 до 40     | 0   | 10  | -104                                     | -104  | 104                                      | 114   |
| от 40 до 45     | 0   | 11  | -100                                     | -101  | 100                                      | 112   |
| от 45 до 50     | 0   | 11  | -100                                     | -101  | 100                                      | 112   |
| от 50 до 60     | 1   | 11  | -98                                      | -101  | 99                                       | 112   |
| от 60 до 67     | -2  | 11  | -98                                      | -101  | 96                                       | 112   |
| от 67 до 70     | -5  | -   | 85                                       | -   | 80                                       | -   |
| от 70 до 75     | -4  | -   | -86                                      | -   | 82                                       | -   |
| от 75 до 80     | -3  | -   | -97                                      | -   | 94                                       | -   |
| от 80 до 100    | -2.5  | -   | -93                                      | -   | 90.5                                     | -   |
| от 100 до 110   | -4.5  | -   | -93                                      | -   | 88.5                                     | -   |

#### Примечания

1. Типовые эксплуатационные показатели представляют собой предполагаемые эксплуатационные показатели усредненного прибора, не включающие полосы допусков. Эти показатели охватываются гарантией на изделие.
2. Предполагается, что для передачи сигнала источника от 10 МГц до 67 ГГц к выходному соединителю источника высокопроизводительного анализатора цепей (PNA) присоединен 30-дюймовый кабель.
3. Все данные указаны для случая использования модулей расширения частотного диапазона, включающих цепи подачи смещения с головками соединителей 1,0 мм.
4. Измерения выполнены в измерительном порте при полосе промежуточной частоты 10 Гц, с 201 точкой данных и при известном усреднении.
5. Динамический диапазон системы определяется как разность между максимальной выходной мощностью и уровнем собственного шума.
6. Динамический диапазон приемника обычно выше на 5,5 дБ.

## Характеристики технического решения для измерения за один цикл свипирования N5251A

### Типовые характеристики погрешности при частоте 110 ГГц



## Характеристики технического решения для измерения за один цикл свипирования N5251A

### Точность установки уровня мощности источника

Данное решение обладает наиболее полными возможностями и высочайшими характеристиками анализатора цепей в диапазоне частот от 10 МГц до 110 ГГц. На рисунке 1 ниже показано одно из наиболее важных свойств этой системы: регулируемый уровень мощности измерительного порта устанавливается с погрешностью, не превышающей 0,2 дБ. Это в 5 раз лучше, чем предлагает техническое решение HP 8510XF.

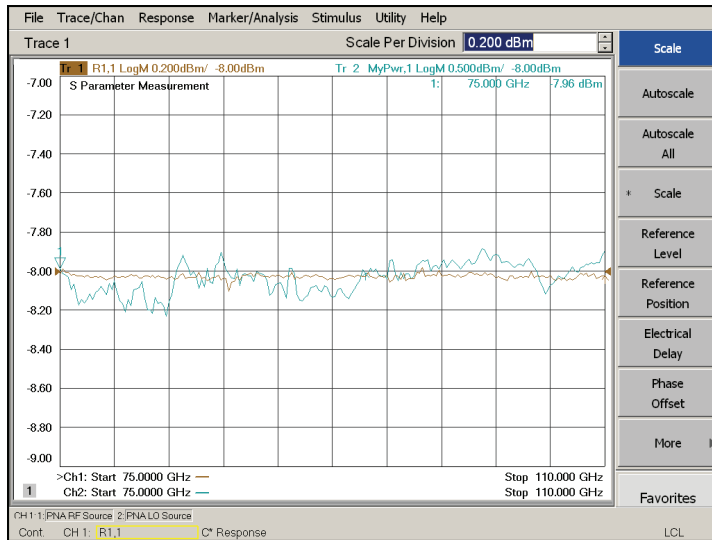


Рис. 1: Демонстрация точности установки уровня мощности: выполнение измерения при помощи измерителя мощности и N5247A PNA-X R1, приемник < 0,1 дБм

Еще одной ключевой эксплуатационной характеристикой является способность создавать сигналы очень низкого уровня при тестировании устройств, работающих на частотах до 110 ГГц. На рис. 2 ниже показана типовая характеристика выходной мощности в диапазоне от 10 МГц до 110 ГГц.

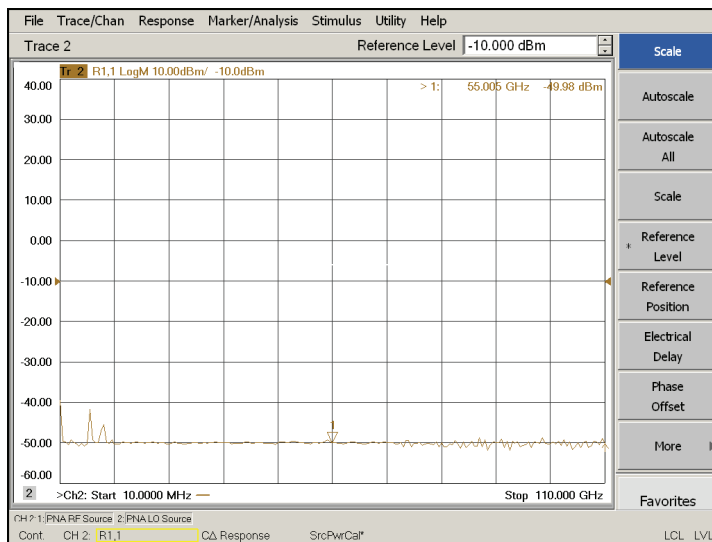


Рис. 2: Наименьший уровень выходной мощности, равный 50 дБм в диапазоне от 10 МГц до 110 ГГц

## Характеристики технического решения для измерения за один цикл свипирования N5251A

### Стабильность систем

В следующей таблице представлены данные для наихудшего случая устойчивости для двух систем N5251A.

|   | Система 1  |            | Система 2  |            |
|---|------------|------------|------------|------------|
|   | S11        | S22        | S11        | S22        |
| Наихудший случай (от 10 МГц до 110 ГГц)                 |            |            |            |            |
| Дрейф модуля амплитуды от времени                       | 0,02 дБ    | 0,04 дБ    | 0,04 дБ    | 0,03 дБ    |
| Дрейф модуля амплитуды от температуры                   | 2,0 дБ     | 2,0 дБ     | 1,4 дБ     | 1,4 дБ     |
| Дрейф фазы от времени                                   | 0,22 град  | 0,29 град  | 0,30 град  | 0,42 град  |
| Дрейф фазы от температуры                               | 3,8 град/С | 4,8 град/С | 3,1 град/С | 3,9 град/С |
| Дрейф модуля разности векторов в зависимости от времени | 0,04 дБ    | 0,05 дБ    | 0,05 дБ    | 0,07 дБ    |

#### Примечания

- Для системы 1 приведенные выше результаты на 12- и 24-часовой отметке не учитывают увеличение, обусловленное предполагаемым перемещением кабеля с соединителем 1,85 мм.
- Для системы 1 результаты не учитывают неустойчивость в районе частоты 95 ГГц, которая относится к недостаточно затянутому кабелю в соединителе/сумматоре.
- Все измерения были выполнены в камере ThermoTron 7800 (камеры №78 и №80 в лаборатории ETL).
- Измерения для определения зависимости от температуры были сделаны при значениях температуры 18 и 32 °С относительно данных при 25 °С.
- Измерения для определения зависимости от времени выполняются на 30-й, 60-й, 90-й, 120-й и 150-й минутах, затем – по истечении 12 и 24 часов.

### Поддержка измерительных приложений

Архитектура N5251A основана на платформе высокопроизводительного анализатора цепей N5227A серии PNA, что позволяет использовать несколько новых измерительных приложений, таких как точные дифференциальные измерения, импульсные измерения или скалярные измерения в смесителях. Такая гибкость измерительных возможностей системы позволяет одним касанием компонентов на полупроводниковой пластине полностью определить характеристики тестируемого устройства.

Возможность точного управления мощностью значительно упрощает измерение компрессии коэффициента усиления в миллиметровом диапазоне. Ниже приведен прикладной пример свипирования по мощности, используемый для тестирования параметров буферного усилителя в диапазоне до 110 ГГц, а также при традиционных измерениях S-параметра.

### Свипирование по мощности

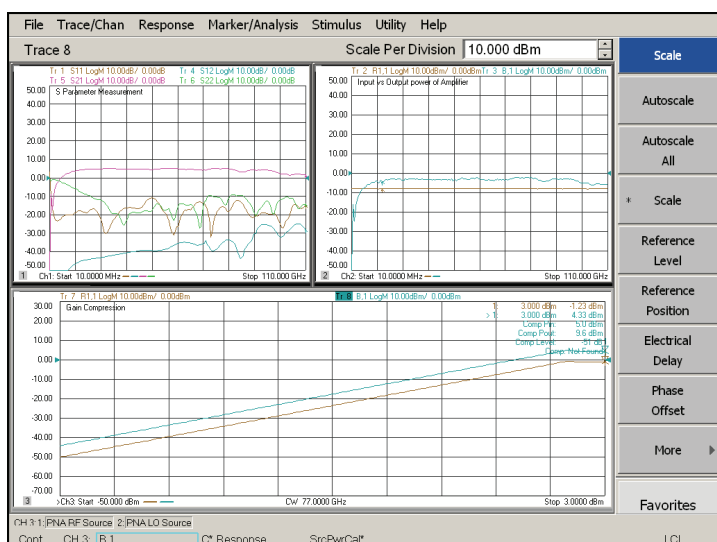


Рис. 3: Измерение компрессии коэффициента усиления в режиме свипирования мощности на частоте 77 ГГц

## Характеристики технического решения для измерения за один цикл свипирования N5251A

### Измерения в импульсных режимах

С помощью встроенных импульсных модуляторов и приемников анализатора цепей N5227A серии PNA можно легко выполнять измерения в импульсных режимах. Ниже приведен пример измерения профиля импульса при несущей частоте 98 ГГц.

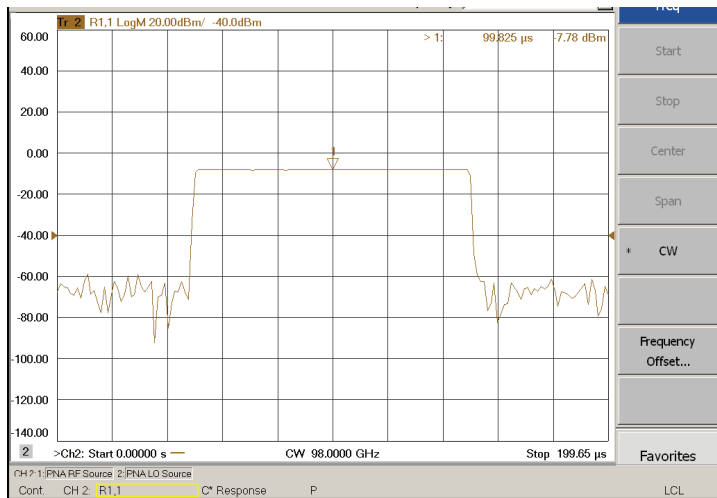


Рис. 4: Профиль импульса калиброванного приемника R1, подаваемого на вход усилителя на несущей частоте 98 ГГц

### Измерения в режиме истинных воздействующих сигналов

При помощи интегрированного приложения для создания истинных дифференциальных воздействующих сигналов сигналы могут быть поданы к тестируемому устройству во всем диапазоне до 110 ГГц. В приведенном ниже примере показаны дифференциальная фаза суммарного канала двойного волноводного тройника WR-10 Magic-Tee и фаза разностного канала.

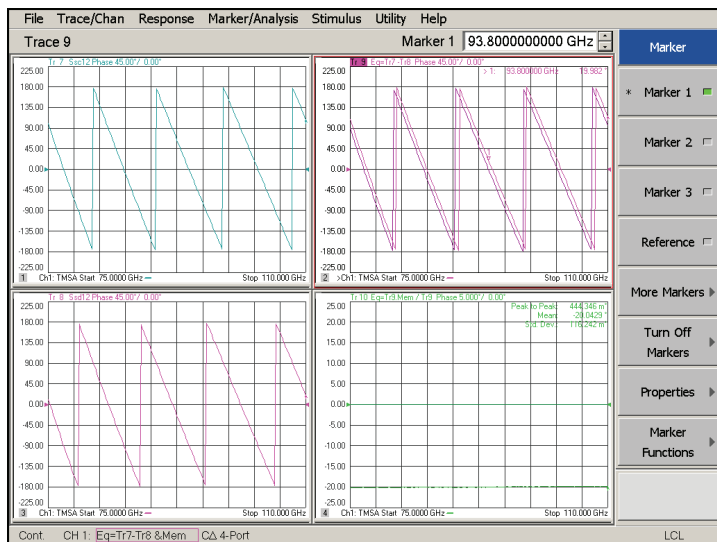


Рис. 5: Измерения с использованием истинных дифференциальных воздействующих сигналов



## Характеристики технического решения для измерения за один цикл свипирования N5251A

### Измерения характеристик смесителя

В дополнение к упомянутым выше прикладным измерениям в диапазоне миллиметровых волн данное решение также может использоваться для измерения характеристик смесителя. Далее приведен пример использования анализатора цепей PNA, осуществляющего свипирование по мощности сигнала гетеродина, подаваемого на смеситель для преобразования с понижением частоты от 75 до 110 ГГц, на частоте несущей 75 ГГц. Показана кривая SC21 при свипировании мощности гетеродина от -20 до +11 дБм.

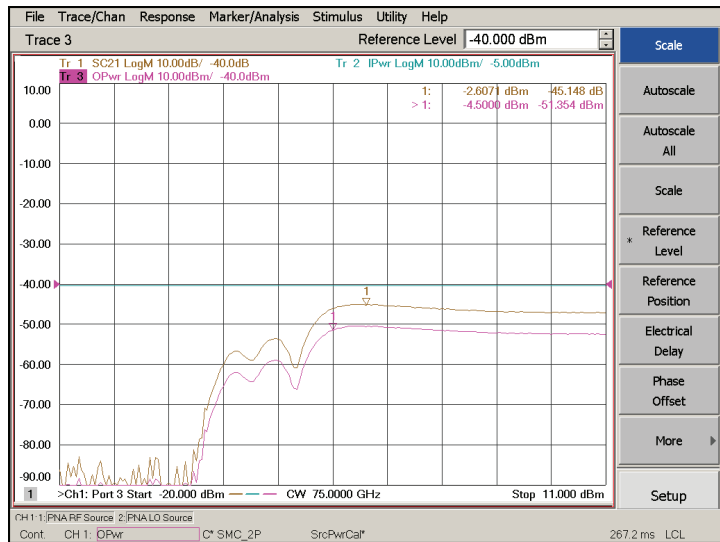


Рис. 6: Свипирование мощности сигнала гетеродина на частоте миллиметрового диапазона 75 ГГц

### Измерение спектральных характеристик мощности

Воспользовавшись встроенной опцией для измерения интермодуляционных искажений в анализаторе цепей серий PNA или PNA-X, вы можете измерять спектральные характеристики мощности компонентов во всем диапазоне частот от 10 МГц до 110 ГГц. Пример ниже представляет собой измерение спектра входного и выходного сигналов буферного усилителя с диапазоном частот до 110 ГГц.

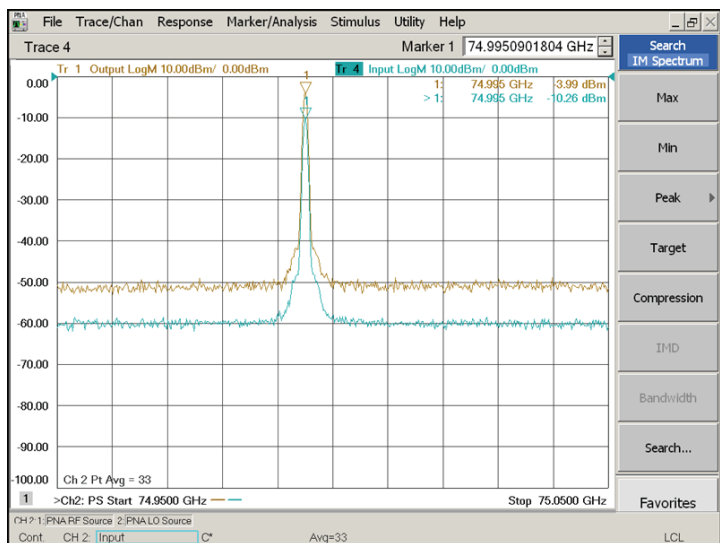


Рис. 7: Спектр входного/выходного сигнала усилителя на центральной частоте 77 ГГц

## Измерения на полупроводниковой пластине

В настоящее время решение N5251A является первой системой, которая была полностью интегрирована в состав зондовой станции компании Cascade и обеспечивает измерения в диапазоне частот от 10 МГц до 110 ГГц за один цикл свипирования при помощи пробников Cascade Infinity с соединителями 1,0 мм. Широкополосные модули расширения частотного диапазона имеют встроенные цепи подачи смещения, которые располагаются вблизи тестируемого устройства, благодаря чему значительно повышается стабильность измерений, выполняемых на пластине и в устройстве подключения.

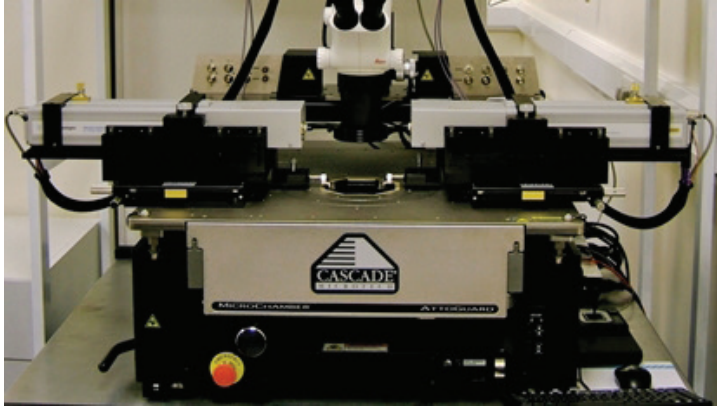
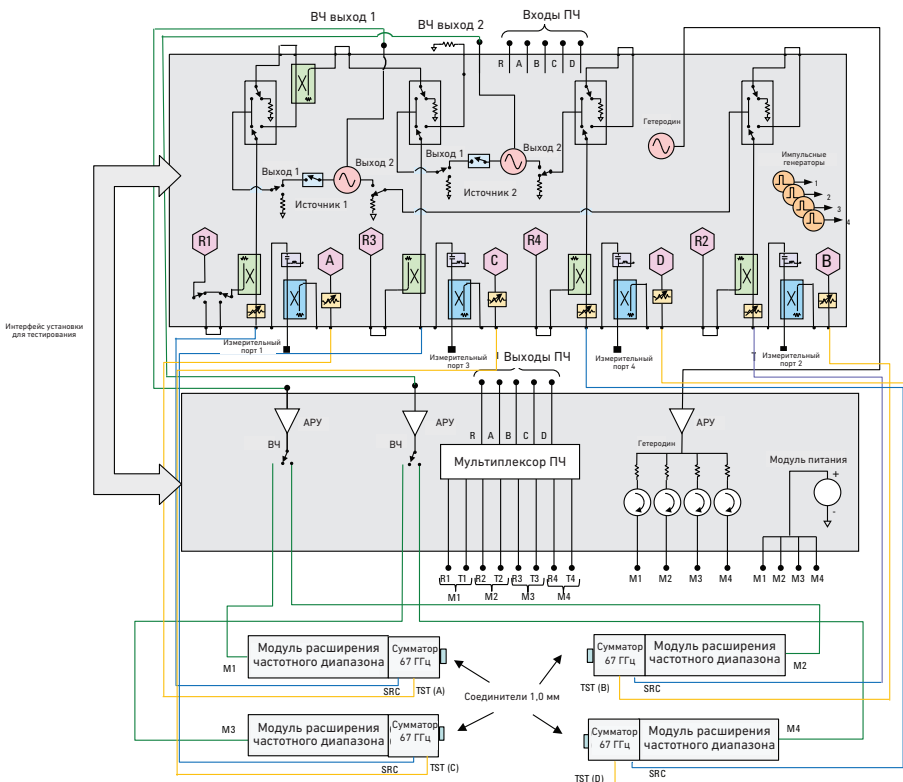


Рис. 8: Система измерения в миллиметровом диапазоне до 110 ГГц с зондовой станцией компании Cascade Microtech

## Структурная схема N5251A

На следующей схеме представлено 4-портовое решение N5251A с частотным диапазоном до 110 ГГц на основе высокопроизводительного анализатора цепей N5227A.



## Технические решения для измерительных систем с отдельными диапазонами до 1,1 ТГц

Компания Keysight предлагает ряд технических решений миллиметрового диапазона с отдельными диапазонами, которые позволяют с помощью анализаторов цепей серий PNA/PNA-X проводить измерения S-параметров в диапазоне частот до 1,1 ТГц. Эти решения легко конфигурируются с использованием модулей расширения частоты таких производителей, как OML Inc., Virginia Diodes Inc. и Farran Microwave. Поддерживаемые в настоящее время решения компании Keysight могут быть сконфигурированы как с измерительным контроллером, так и без него, в зависимости от требуемых измерений и используемых модулей расширения частотного диапазона.

### Поддерживаемые измерительные возможности

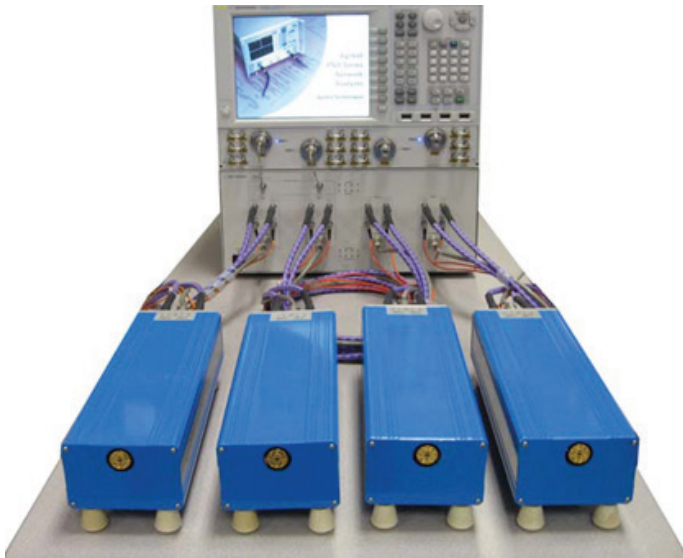
В таблице ниже приведена сводная информация по некоторым измерительным возможностям, которые доступны при использовании конфигураций с отдельными диапазонами.

| Тип приложения  | Поддержка при использовании контроллера тестовой системы | Поддержка при непосредственном подключении |
|---|--|--|
| S-параметры   | Да   | Да   |
| Измерения с использованием истинных сигналов стимулов     | Да   | Нет  |
| Измерения во временной области                            | Да   | Да   |
| Измерения уровня мощности <sup>3</sup>                    | Да   | Да   |
| Сви́пирование по мощности <sup>3</sup> (на одной частоте) | Да   | Да   |
| Спектральная плотность мощности                           | Да   | Нет  |
| Измерения в импульсных режимах <sup>3</sup>               | Да   | Да   |
| Измерения параметров смесителей                           | Да   | Нет  |
| Измерение параметров материалов                           | Да   | Да   |
| Измерение характеристик антенн                            | Да   | Да   |
| Измерения на пластине                                     | Да   | Да   |
| Измерение интермодуляционных искажений                    | Да <sup>4</sup>  | Нет  |
| Измерение коэффициента шума                               | Нет  | Нет  |
| Управление фазой источника                                | Нет  | Нет  |

#### Примечания

1. Перечисленное выше не является полным перечнем возможностей, но приведены только те, которые на сегодняшний день были проверены с использованием решений с отдельными диапазонами.
2. При необходимости выполнения измерений, не приведенных в этом списке, следует обратиться к местному торговому представителю компании Keysight.
3. Следует помнить, что для моделей анализаторов PNA-X, работающих в диапазоне ниже 67 ГГц, доступна функция измерений в импульсном режиме и выравнивания уровня мощности, реализуемая при помощи коммутируемых выходов на задней панели и опции сумматора. В моделях анализаторов PNA, работающих в диапазоне ниже 67 ГГц, для поддержки измерений в импульсном режиме и выравнивания уровня мощности необходимо использовать соединения на передней панели.
4. При использовании модуля OML IMD и анализаторов PNA/PNA-X с ОС Windows 7 требуется функция измерения интермодуляционных искажений (опция 087).

## Технические решения на базе измерительного контроллера



### Основные особенности

- Модули расширения частотного диапазона компании OML Inc. охватывают полосу частот от 50 до 500 ГГц, в то время как модули расширения компании Virginia Diodes Inc. позволяют создавать решения с частотным диапазоном, расширенным до 950 ГГц.
- Эти конфигурации позволяют использовать специальные модули, настроенные на расширение частотного диапазона конкретного волновода. В частности, модуль с полосой частот от 56 до 94 ГГц может применяться для решения практических задач, связанных с беспроводным интерфейсом HDMI, работающим на несущей частоте 60 ГГц.
- Данные решения позволяют создавать 2- и 4-портовые конфигурации, имеют встроенные источники питания и устройства согласования сигнала с измерительным контроллером.
- Можно сконфигурировать несколько полос частот для волноводов, а использование встроенного программного интерфейса упрощает переключение между частотами при выполнении измерений.
- 4-портовые конфигурации идеально подходят для решения практических задач, связанных с тестированием смесителей, при этом отсутствует необходимость использования при тестировании устройств дополнительного внешнего гетеродина.
- Высокие характеристики анализаторов цепей серии PNA/PNA-X позволяют управлять уровнем мощности, а также осуществлять скалярные измерения параметров смесителей, измерения спектральных характеристик мощности и измерений в импульсных режимах.

## Технические решения на базе измерительного контроллера

### Характеристики технических решений на базе измерительного контроллера

Решения, имеющие в своем составе измерительный контроллер, обеспечивают не только максимальную полосу пропускания до 950 ГГц, но также обладают наилучшим динамическим диапазоном в отрасли. Далее приведен пример измерения динамического диапазона модуля расширения частотного диапазона WR2.2, используемого с анализатором цепей PNA/PNA-X и измерительным контроллером N5262A с типовой характеристикой 100 дБ в полосе ПЧ 10 Гц.

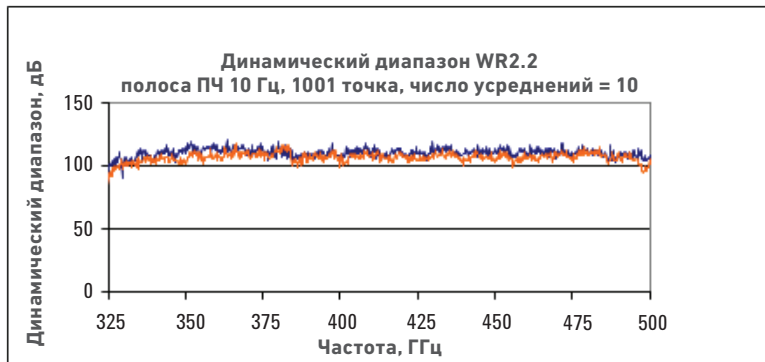


Рис. 9: Динамический диапазон модуля расширения частотного диапазона WR2.20 VDI в полосе от 325 до 500 ГГц

### Простота использования

Встроенное программное обеспечение диапазонной системы миллиметрового диапазона позволяет эффективно использовать его с программным обеспечением анализаторов цепей как PNA, так и PNA-X. Независимо от частотного диапазона, в котором осуществляются измерения, вы можете управлять измерительным прибором вручную с передней панели или использовать мышь для доступа к выпадающему меню. Кроме того, вы можете воспользоваться мастером калибровки (Cal Wizard), который поможет вам выполнить в пошаговом режиме наиболее сложные калибровки.

Системы миллиметрового диапазона легко конфигурируются при помощи диалогового окна, показанного на рис. 10. В перечень можно добавлять различные конфигурации системы, но активной в данный момент может быть только одна из них. Процесс создания конфигурации достаточно прост: для этого следует лишь указать начальную и конечную частоту полосы и ввести значения множителей для частотных диапазонов ВЧ сигнала и сигнала гетеродина (эти значения расположены на модулях измерительных головок). После добавления конфигурации в список следует просто выделить нужную строку, а затем щелкнуть по кнопке «Activate Selected Config».

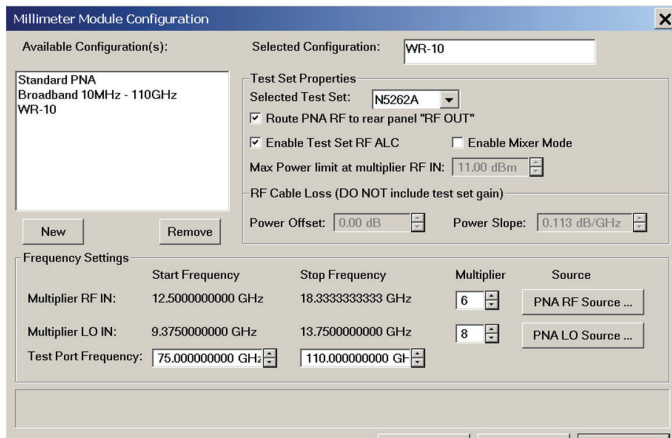


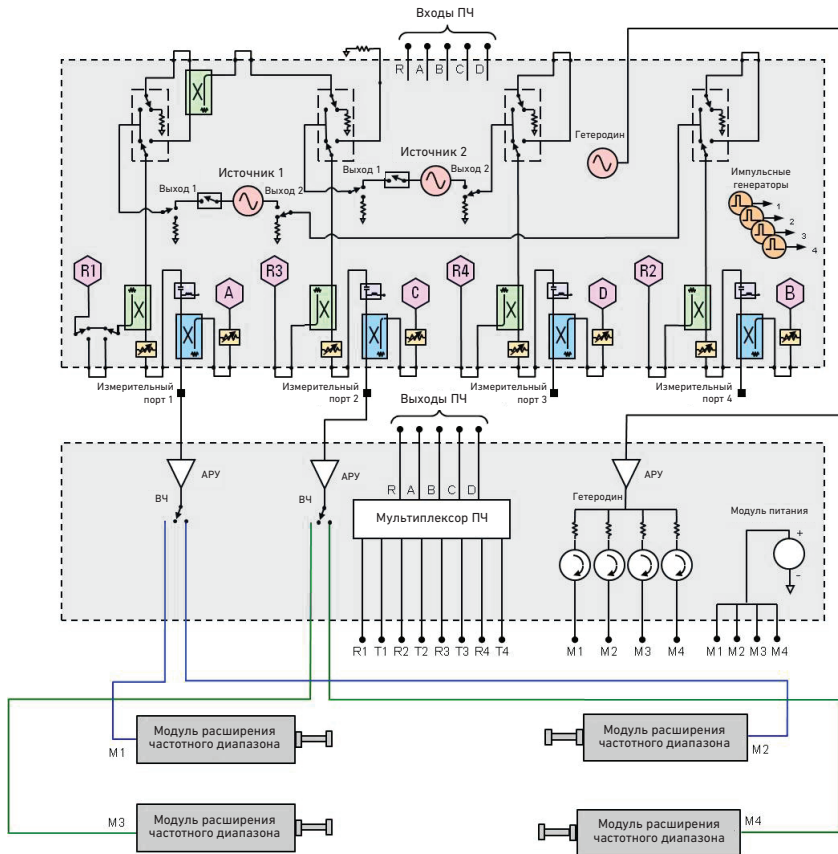
Рис. 10: Диалоговое окно, обеспечивающее конфигурирование измерительной установки миллиметрового диапазона

## Технические решения на базе измерительного контроллера

Пользователь имеет возможность формировать различные конфигурации для работы в разных полосах частот. Кроме того, для измерительных контроллеров моделей N5261A и N5262A имеется дополнительная возможность включения и выключения функции автоматической регулировки уровня (APU) для выполнения измерений в импульсных режимах. Также предусмотрена возможность, позволяющая выполнить циклы свипирования смесителя для измерения его скалярных характеристик. Данный интерфейс позволяет легко переключаться между различными конфигурациями без необходимости перезагрузки анализаторов цепей PNA/PNA-X или изменения имеющихся подключений.

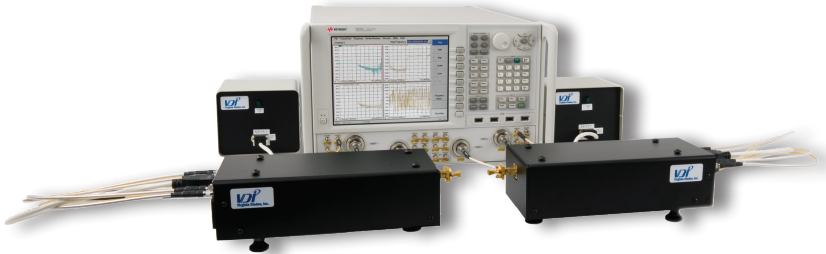
Кроме того, обширная контекстно-ориентированная справочная система содержит подробную информацию обо всех функциях анализаторов цепей PNA и PNA-X. В любом диалоговом окне достаточно просто щелкнуть по кнопке Help, и на дисплей будут выведены подробные пояснения, касающиеся используемой функции. Также в состав справки включены примеры программирования как на языке SCPI, так и с использованием технологии COM.

## Структурная схема технического решения на базе измерительного контроллера



## Решения с непосредственным подключением

В решениях этого типа не требуется измерительный контроллер миллиметрового диапазона, а подключение осуществляется непосредственно к передней панели анализатора цепей PNA или PNA-X с двумя источниками. Хотя в данной конфигурации поддерживается работа с модулями расширения частотного диапазона обоих производителей – компаний OML и VDI, – в большинстве случаев используются модули расширения VDI, как показано ниже.



### Основные особенности

- Не требуется измерительный контроллер
- Поддерживается полный набор измерений S-параметров в полосе пропускания волновода с использованием анализатора цепей PNA/PNA-X с двумя или четырьмя измерительными портами и двумя источниками
- Используются внешние источники питания компании Virginia Diodes Inc., поставляемые вместе с модулями расширения частотного диапазона
- Для управления модулями расширения частотного диапазона используется режим смещения частоты анализатора цепей PNA/PNA-X
- В настоящее время при использовании модулей расширения частотного диапазона OML поддерживаются функции калибровки мощности и свипирование мощности
- Допускаются использование повышенной промежуточной частоты для опорных и тестируемых сигналов и возможность управления от анализаторов PNA/PNA-X с частотным диапазоном до 26,5, 43,5, 50 или 67 ГГц
- Доступны макросы, загружаемые с веб-сайта компании Keysight, которые позволяют упростить установку параметров режима смещения частоты

## Решения с непосредственным подключением

### Основные характеристики

Конфигурация с непосредственным подключением поддерживается при помощи режима смещения частоты анализатора PNA/PNA-X и требует наличия минимум двух источников для выполнения полного набора измерений S-параметров. РЧ сигнал от модулей расширения частотного диапазона подается через порты 1 и 2 анализатора PNA/PNA-X, а сигнал гетеродина запитывается от второго источника, управляемого портами 3 и 4 анализатора PNA/PNA-X. При такой аппаратной конфигурации режим смещения частоты может быть использован для настройки РЧ источника на свипирование в частотном диапазоне, соответствующем полосе пропускания волновода, в то время как сигнал гетеродина обеспечивает свипирование смесителей в модулях расширения частотного диапазона для формирования сигнала ПЧ, необходимого для выполнения измерений S-параметра. Для работы модулей расширения частотного диапазона требуются внешние источники питания.

Средства калибровки, встроенные в анализаторы цепей серий PNA/PNA-X, позволяют выполнять наиболее точные измерения. Далее приведено несколько рабочих характеристик системы. Первая из них демонстрирует достижимую стабильность данной системы, представляя нестабильность модуля вектора амплитуды для решения с частотным диапазоном от 500 до 750 ГГц на протяжении 24 часов в типовых лабораторных условиях при температуре 25°C.

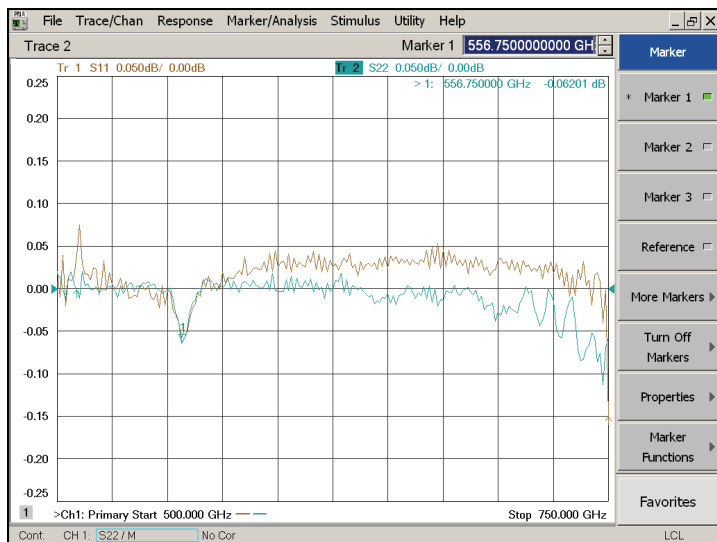


Рис. 11. Типовая характеристика дрейфа системы PNA/PNA-X в диапазоне частот от 500 до 750 ГГц и с модулями расширения частотного диапазона компании Virginia Diodes



## Решения с непосредственным подключением

Отметим превосходные характеристики дрейфа, не превышающие 0,15 дБ для обоих портов с короткозамкнутой нагрузкой, относительно запомненных значений на протяжении 24 часов. Основной рабочей характеристикой является превосходный динамический диапазон, проиллюстрированный техническим решением с полосой пропускания от 500 до 750 ГГц.

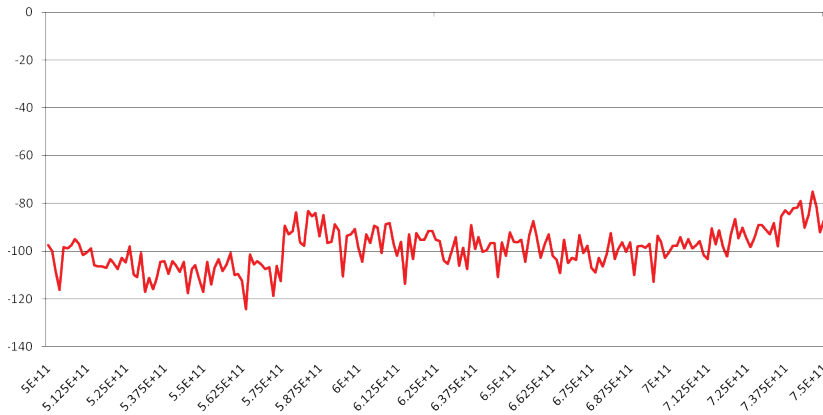


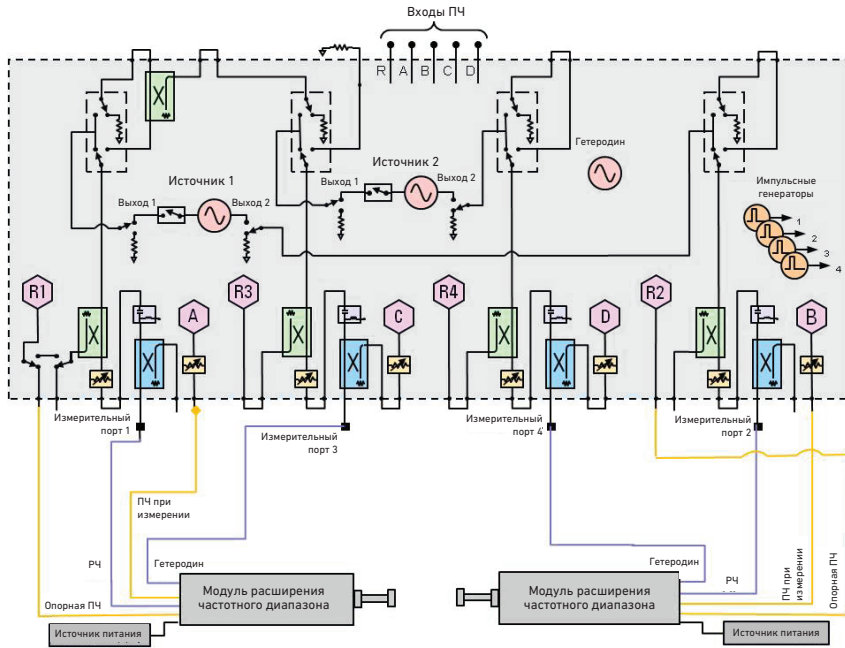
Рис. 12: WR1.5 Динамический диапазон измерений, выполняемых при помощи модулей расширения частотного диапазона VDI= и анализатора цепей PNA-X

Данное техническое решение характеризуется непревзойденными характеристиками динамического диапазона. Примером может служить показанный на рис. 12 график измерения динамического диапазона технического решения с полосой пропускания от 500 до 750 ГГц, использующего непосредственное подключение модуля расширения частотного диапазона VDI к анализатору цепей PNA/PNA-X. Следует заметить, что типовая характеристика динамического диапазона составляет около 100 дБ.

## Решения с непосредственным подключением

### Структурная схема технического решения с непосредственным подключением

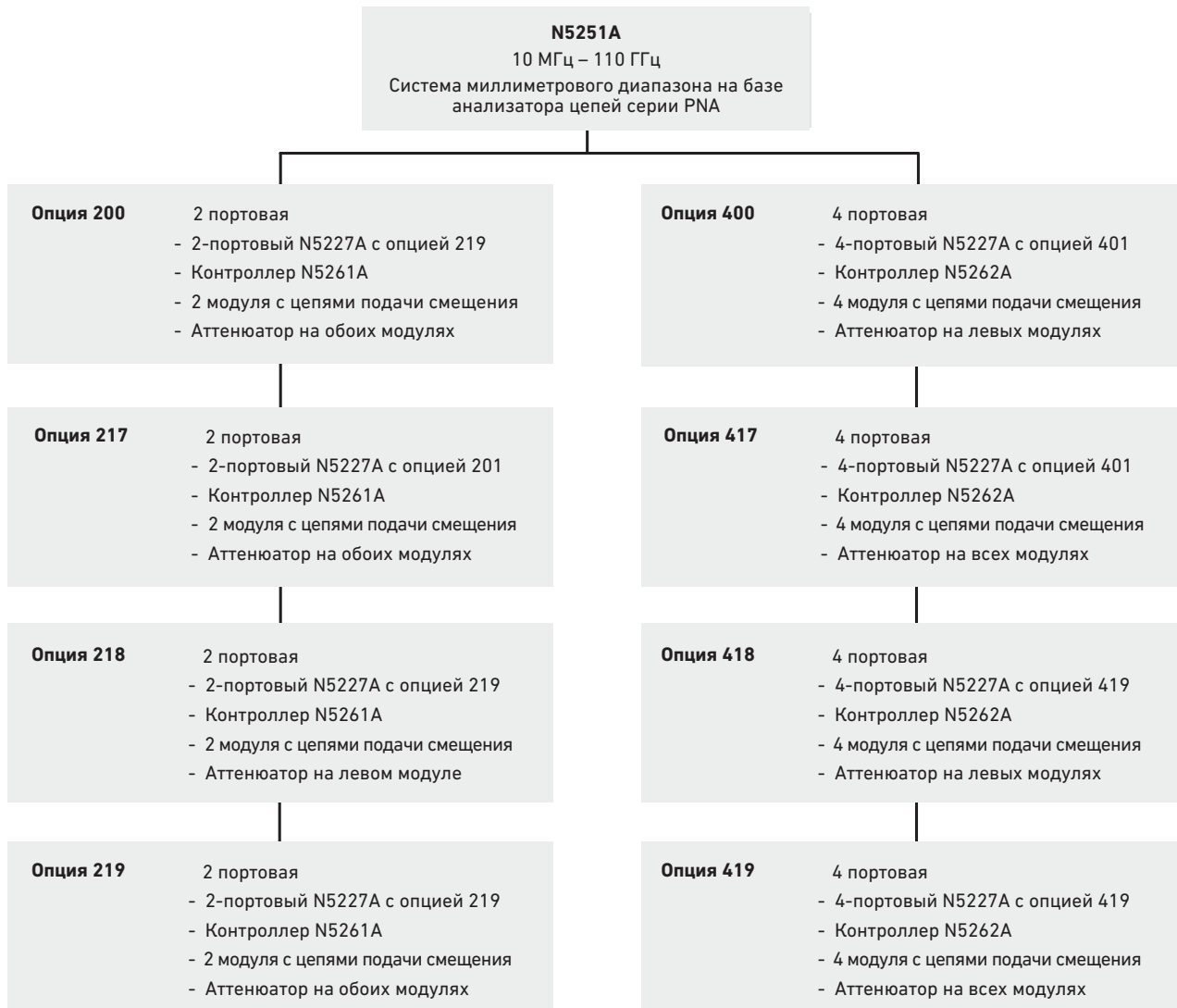
Данная конфигурация с анализатором PNA/PNA-X и модулями расширения частотного диапазона предусматривает непосредственное подключение модулей расширения к 4-портовому анализатору цепей PNA/PNA-X или 2-портовому анализатору цепей PNA-X со вторым источником. Это позволяет проводить измерения, необходимые для векторного анализа цепей в диапазоне до 1,1 ТГц. В таблице конфигураций приведен перечень модулей расширения, доступных в настоящее время. Подробная информация о характеристиках различных модулей расширения содержится на веб-сайтах компаний-производителей OML и VDI.



## Конфигурация широкополосного решения

### Конфигурации системы N5251A

Приведенной ниже схемой можно воспользоваться для выбора базового решения N5251A (частотный диапазон от 10 МГц до 110 ГГц). В состав всех опций входят необходимые кабели для межсоединения высокопроизводительного анализатора цепей (PNA) и измерительного контроллера, а также комплекты фиксирующих опор. Кроме того, каждое решение поставляется со стандартным набором кабелей длиной 48 дюймов для подключения модулей расширения частотного диапазона к контроллеру измерительной системы миллиметрового диапазона.



#### Примечание

Цепи подачи смещения Кельвина рассчитаны на номинальное напряжение 40 В и максимальный ток 0,5 А.

## Конфигурация широкополосного решения

### Конфигурирование решения для частот от 10 МГц до 110 ГГц с использованием отдельных компонентов

Конфигурирование широкополосной измерительной системы с диапазоном частот от 10 МГц до 110 ГГц при помощи отдельных системных компонентов легко выполняется путем выбора по одному компоненту в каждой из следующих групп:

1. Анализатор цепей серии PNA с конфигурируемым измерительным контроллером или PNA-X с диапазоном частот до 67 ГГц
2. Измерительный контроллер миллиметрового диапазона модели N5261A (2-портовый) или N5262A (4-портовый)
3. Комплект модулей расширения частотного диапазона N5250CX10, от 67 до 110 ГГц

В следующей таблице приведен перечень доступных системных компонентов, которые могут быть выбраны при создании решения с частотным диапазоном от 10 МГц до 110 ГГц.

### Таблица конфигурирования аппаратных средств технического решения с одним циклом свипирования на базе анализатора цепей N5227A серии PNA или N5247A серии PNA-X

| Изделие/опция   | Описание  |
|---|---|
| <b>Анализатор цепей, PNA-X/PNA с диапазоном частот до 67 ГГц</b>                        |   |
| N5227A -201/219 или N5247A -200   | PNA-X или PNA с конфигурируемым измерительным контроллером, 2 порта, один источник от 10 МГц до 67 ГГц,   |
| N5227A-401/419 или N5247A-400   | PNA-X или PNA с конфигурируемым измерительным контроллером, 4 порта, два источника  |
| N5227A -020<br>N5247A -020 (требуется)  | Добавляет входы прямого доступа к ПЧ на задней панели для N5227A или N5247A <sup>2</sup>  |
| <b>2-портовый контроллер миллиметрового диапазона<sup>3</sup></b>                       |   |
| N5261A  | 2-портовый контроллер миллиметрового диапазона для анализаторов PNA/ PNA-X в базовой конфигурации   |
| N5261A-112 (требуется)  | Комплект кабелей с соединителями 1,85 мм для подключения к 2-портовому анализатору PNA/PNA-X N5247A   |
| Следует выбрать один из следующих соединительных кабелей, по одному на модуль.          |   |
| N5261A-501  | Один набор (1-портовый) кабелей для подключения к трактам РЧ/гетеродина/питания постоянного тока/ПЧ для подключения к одному модулю передачи/отражения сигналов миллиметрового диапазона длиной 48 дюймов             |
| N5261A-502  | Один набор (1-портовый) кабелей для подключения к трактам РЧ/гетеродина/питания постоянного тока/ПЧ для подключения к одному модулю передачи/отражения сигналов миллиметрового диапазона длиной 2 метра               |
| N5261A-503  | Один набор (1-портовый) кабелей для подключения к трактам РЧ/гетеродина/питания постоянного тока/ПЧ для подключения к одному модулю передачи/отражения сигналов миллиметрового диапазона длиной 3 метра               |
| N5261A-505  | Один набор (1-портовый) кабелей для подключения к трактам РЧ/гетеродина/питания постоянного тока/ПЧ для подключения к одному модулю передачи/отражения сигналов миллиметрового диапазона длиной 5 метров <sup>4</sup> |
| <b>4-портовый контроллер измерительной системы миллиметрового диапазона<sup>3</sup></b> |   |
| N5262A  | 4-портовый контроллер измерительной системы миллиметрового диапазона для анализаторов PNA/PNA-X в базовой конфигурации  |
| N5262A-114 (требуется)  | Комплект кабелей с соединителями 1,85 мм для подключения к 4-портовому анализатору PNA/PNA-X N5247A   |
| Следует выбрать один из следующих соединительных кабелей, по одному на модуль.          |   |
| N5262A-501  | Один набор кабелей трактов ВЧ/гетеродина/постоянного тока/ПЧ одного модуля передачи/отражения сигналов миллиметрового диапазона длиной 48 дюймов  |
| N5262A-502  | Один набор кабелей для подключения к трактам РЧ/гетеродина/питания постоянного тока/ПЧ для подключения к одному модулю передачи/отражения сигналов миллиметрового диапазона длиной 2 метра                            |
| N5262A-503  | Один набор кабелей для подключения к трактам РЧ/гетеродина/питания постоянного тока/ПЧ для подключения к одному модулю передачи/отражения сигналов миллиметрового диапазона длиной 3 метра                            |
| N5262A-505  | Один набор кабелей для подключения к трактам РЧ/гетеродина/питания постоянного тока/ПЧ для подключения к одному модулю передачи/отражения сигналов миллиметрового диапазона длиной 5 метров <sup>4</sup>              |
| <b>Модули расширения полосы частот миллиметрового диапазона</b>                         |   |
| N5250CX10-L05   | от 67 до 110 ГГц, левый модуль передачи/отражения и плата сумматора с соединителями 1,00 мм, без регулируемого аттенюатора или цепей подачи смещения  |
| N5250CX10-L10   | от 67 до 110 ГГц, левый модуль передачи/отражения и плата сумматора с соединителями 1,00 мм, с регулируемым аттенюатором, цепей подачи смещения   |
| N5250CX10-L15   | от 67 до 110 ГГц, левый модуль передачи/отражения и плата сумматора с соединителями 1,00 мм, с цепями подачи смещения, без регулируемого аттенюатора  |
| N5250CX10-L20   | от 67 до 110 ГГц, левый модуль передачи/отражения и плата сумматора с соединителями 1,00 мм, с регулируемым аттенюатором и цепями подачи смещения   |
| N5250CX10-R10   | от 67 до 110 ГГц, правый модуль передачи/отражения и плата сумматора с соединителями 1,00 мм, без регулируемого аттенюатора и цепей подачи смещения   |
| N5250CX10-R15   | от 67 до 110 ГГц, правый модуль передачи/отражения и плата сумматора с соединителями 1,00 мм, с регулируемым аттенюатором, цепей подачи смещения  |
| N5250CX10-R20   | от 67 до 110 ГГц, правый модуль передачи/отражения и плата сумматора с соединителями 1,00 мм, с цепями подачи смещения, без регулируемого аттенюатора   |
| N5250CX10-R30   | от 67 до 110 ГГц, правый модуль передачи/отражения и плата сумматора с соединителями 1,00 мм, с регулируемым аттенюатором и цепями подачи смещения  |

#### Примечания

1. При использовании анализатора PNA/PNA-X следует выбирать либо 2-портовый вариант для решения в 2-портовой конфигурации с полосой до 110 ГГц, либо 4-портовый вариант для решения в 4-портовой конфигурации с полосой до 110 ГГц.
2. Опция 020 является необходимой, поскольку позволяет выполнить непосредственное подключение ПЧ к разъему задней панели PNA/PNA-X.
3. Если выбраны опции 114 или 112, то в комплектацию контроллера измерительной системы миллиметрового диапазона входят кабели и комплект фиксирующих опор задней панели, требуемые для подключения к анализатору цепей PNA/PNA-X.
4. При выборе опции 505 потребуются внешние усилители сигналов РЧ и сигнала гетеродина из-за потерь в кабеле, составляющих около 6,6 дБ.
5. Цепи подачи смещения Кельвина рассчитаны на номинальное напряжение 40 В и максимальный ток 0,5 А.

## Конфигурация широкополосного решения

### Измерительные приложения

Далее приведен перечень опций измерительных приложений, которые поддерживаются конфигурациями базового технического решения N5251A или индивидуальными решениями на базе анализаторов цепей PNA/PNA-X. Эти опции измерительных приложений поддерживаются во всем диапазоне частот от 10 МГц до 110 ГГц и могут быть востребованы при использовании анализаторов цепей N5227A серии PNA или N5247A серии PNA-X.

| Опция | Поддерживаемая функция  |
|-------|---|
| 010   | Измерения во временной области  |
| 082   | Скалярные измерения преобразователей частоты  |
| 083   | Векторные и скалярные измерения преобразователей частоты                              |
| 460   | Приложение для измерения с использованием истинных дифференциальных сигналов стимулов |
| 087   | Измерения спектра мощности  |
| 008   | Измерения в импульсном режиме   |
| 080   | Режим смещения частоты  |
| 021   | Добавление импульсного модулятора к первому внутреннему источнику                     |
| 022   | Добавление импульсного модулятора ко второму внутреннему источнику                    |
| 025   | Добавление четырех внутренних импульсных генераторов                                  |
| 118   | Режим свипирования Fast CW  |

Для получения дополнительной информации по измерительным приложениям, поддерживаемым в настоящее время в анализаторах N5227A или N5247A с диапазоном частот 67 ГГц, см. Руководство по конфигурированию анализаторов цепей компании Keysight, № документа 5990-7745EN.

## Принадлежности

### Принадлежности для калибровки измерений S-параметров

Подробная информация о доступных кабелях измерительных портов с соединителями 1,0 мм приведена в боковой врезке. Для точных измерений S-параметров на порте с соединителем измерительного порта 1,0 мм рекомендуется использовать калибровочный комплект 85059A. В случае калибровки при измерениях на пластине компания Cascade Microtech предлагает полный ассортимент калибровочных мер, выполненных в виде калибровочных подложек (ISS), для полной калибровки измерений S-параметров на пластине.

### Принадлежности для калибровки измерений мощности

Для калибровки мощности источника на измерительном порте рекомендуется использовать три преобразователя мощности, что позволит охватить весь диапазон частот от 10 МГц до 110 ГГц. В дополнение к рекомендованным преобразователям мощности для калибровки мощности потребуется набор переходов для подключения к соединителю 1,0 мм калибровочного порта.

| № изделия | Описание   | Требования   |
|-----------|--|--|
| N8487A    | Термопарный преобразователь мощности до 50 ГГц                 | Для калибровки мощности в полосе от 10 до 50 ГГц   |
| 11921F    | Адаптер от 1,0 мм (вилка) на 1,85 мм (розетка), от 0 до 67 ГГц | Для подключения N8487A к измерительному порту 1,0 мм (М)   |
| V8486A    | Преобразователь мощности V-диапазона от 50 до 75 ГГц           | Для калибровки мощности в полосе от 50 до 75 ГГц   |
| V281C     | КВП: волновод V-диапазона – 1,0 мм (розетка)                   | Для подключения V8486A к измерительному порту 1,0 мм (М)   |
| W8486A    | Преобразователь мощности W-диапазона от 75 ГГц до 110 ГГц      | Для калибровки мощности в полосе от 75 до 110 ГГц  |
| W281C     | КВП: волновод W-диапазона – 1,0 мм (розетка)                   | Для подключения W8486A к измерительному порту 1,0 мм (М)   |
| N1914A    | Двухканальный измеритель мощности                              | Требуются 2 измерителя мощности, которые позволят сконфигурировать все 3 преобразователя мощности для проведения измерения |
| 11730A    | Кабель преобразователя мощности                                | Требуются 3 кабеля для подключения каждого преобразователя мощности к двум измерителям мощности N1914A                     |
| 10833A    | Кабель GPIB  | Для подключения 2 измерителей мощности к анализатору PNA/PNA-X   |

### Принадлежности для устройств с соединителями 1,0 мм

Для использования с системой N5250C доступны следующие принадлежности, которые не входят в комплектацию системы:

- 11500I Кабель измерительного порта с соединителями 1,0 мм (розетка-розетка) (8,8 см)
- 11500J Кабель измерительного порта с соединителями 1,0 мм (вилка-розетка) (16,0 см)
- 11500K Кабель измерительного порта с соединителями 1,0 мм (вилка-розетка) (20,0 см)
- 11500L Кабель измерительного порта с соединителями 1,0 мм (вилка-розетка) (24,0 см)
- 85059A Прецизионный комплект калибровки/верификации от 0 до 110 ГГц
- V281C КВП: волновод V-диапазона – 1,0 мм (розетка)
- V281D КВП: волновод V-диапазона – 1,0 мм (вилка)
- W281C КВП: волновод W-диапазона – 1,0 мм (розетка)
- W281D КВП: волновод W-диапазона – 1,0 мм (вилка)
- 11920A адаптер 1,0 мм (вилка) / 1,0 мм (вилка)
- 11920B адаптер 1,0 мм (розетка) / 1,0 мм (розетка)
- 11920C адаптер 1,0 мм (вилка) / 1,0 мм (розетка)
- 11921E адаптер 1,0 мм (вилка) / 1,852 мм (вилка)
- 11921F адаптер 1,0 мм (розетка) / 1,852 мм (розетка)
- 11921G адаптер 1,0 мм (вилка) / 1,852 мм (розетка)
- 11921H адаптер 1,0 мм (розетка) / 1,852 мм (штекер)
- 11922A адаптер 1,0 мм (вилка) / 2,4 мм (вилка)
- 11922B адаптер 1,0 мм (розетка) / 2,4 мм (розетка)
- 11922C адаптер 1,0 мм (вилка) / 2,4 мм (розетка)
- 11922D адаптер 1,0 мм (розетка) / 2,4 мм (вилка)
- 11923A Переходный узел с соединителем 1,0 мм (розетка)

## Конфигурирование технического решения с отдельными диапазонами

Конфигурация технического решения с отдельными диапазонами аналогична конфигурации решений с одним циклом свипирования, выполненных из отдельных компонентов. За счет поддержки нескольких модулей расширения частотного диапазона и опций векторных анализаторов цепей решения обеспечивают максимальную гибкость и предусматривают возможность расширения диапазона измерений до 1,1 ТГц.

Для конфигурирования базовых аппаратных средств для конкретного технического решения следует выбрать три следующих компонента:

1. Высокопроизводительный анализатор цепей, предусматривающий поддержку измерительного контроллера или возможность непосредственного подключения модулей расширения частотного диапазона
2. Контроллер измерительной системы миллиметрового диапазона с 2 или 4 портами, который не требуется при реализации схемы с непосредственным подключением модулей расширения. См. стр. 11, раздел «Поддерживаемые измерительные возможности»
3. Выбрать требуемый комплект модулей расширения частотного диапазона, которые позволят охватить заданные частоты

## Поддерживаемые конфигурации анализаторов цепей PNA и PNA-X для волноводных модулей расширения частотного диапазона

| Модель            | Описание  | Минимальный набор опций, требуемых для подключения измерительного контроллера | Минимальный набор опций, требуемых для непосредственного подключения к PNA | Минимальный набор опций, требуемых для непосредственного подключения к PNA-X |
|-------------------|---|---|--|--|
| N5222A или N5242A | 2-портовый анализатор цепей PNA или PNA-X с диапазоном частот до 26,5 ГГц | Опция 020   | Не поддерживается  | Требуется Опция 200/219 и Опция 080 с Опцией 224 или Опция 200               |
| N5222A или N5242A | 4-портовый анализатор цепей PNA или PNA-X с диапазоном частот до 26,5 ГГц | Опция 020   | Требуется Опция 080 и Опции 401 или 417 или 419 для N5222A                 | Требуется 400/419 и Опция 080 или Опция 400                                  |
| N5224A или N5244A | 2-портовый анализатор цепей PNA или PNA-X с диапазоном частот до 43,5 ГГц | Опция 020   | Не поддерживается  | Требуется Опция 200/219 и Опция 080 с Опцией 224 или Опция 200               |
| N5224A или N5244A | 4-портовый анализатор цепей PNA или PNA-X с диапазоном частот до 43,5 ГГц | Опция 020   | Требуется Опция 080 и Опции 401 или 417 или 419 для N5224A                 | Требуется Опция 400/419 и Опция 080 или Опция 400                            |
| N5225A или N5245A | 2-портовый анализатор цепей PNA или PNA-X с диапазоном частот до 50 ГГц   | Опция 020   | Не поддерживается  | Требуется Опция 200/219 и Опция 080 с Опцией 224 или Опция 200               |
| N5225A или N5245A | 4-портовый анализатор цепей PNA или PNA-X с диапазоном частот до 50 ГГц   | Опция 020   | Требуется Опция 080 и Опции 401 или 417 или 419 для N5225A                 | Требуется Опция 400/419 и Опция 080 или Опция 400                            |
| N5227A или N5247A | 2-портовый анализатор цепей PNA или PNA-X с диапазоном частот до 67 ГГц   | Опция 020   | Не поддерживается  | Требуется Опция 200/219 и Опция 080 с Опцией 224 или Опция 200               |
| N5227A или N5247A | 4-портовый анализатор цепей PNA или PNA-X с диапазоном частот до 67 ГГц,  | Опция 020   | Требуется Опция 080 и Опции 401 или 417 или 419 для N5227A                 | Требуется Опция 400/419 и Опция 080 или Опция 400                            |

## Конфигурирование технического решения с отдельными диапазонами

Измерительные контроллеры миллиметрового диапазона для решений с отдельными диапазонами и решений с единым циклом свипирования

| <b>N5261A 2-портовый измерительный контроллер мм диапазона для систем на базе анализаторов цепей PNA/PNA-X</b> |   |
|--|---|
| N5261A-102   | Комплект кабелей с соединителями 3,5 мм для подключения к 2-портовым приборам N5222A или N5242A               |
| N5261A-104   | Комплект кабелей с соединителями 3,5 мм для подключения к 4-портовым приборам N5222A или N5242A               |
| N5261A-106   | Комплект кабелей с соединителями 2,4 мм для подключения к 2-портовым приборам N5224A/N5225A или N5244A/N5245A |
| N5261A-108   | Комплект кабелей с соединителями 2,4 мм для подключения к 4-портовым приборам N5224A/N5225A или N5244A/N5245A |
| N5261A-112   | Комплект кабелей с соединителями 1,85 мм для подключения к 2-портовым приборам N5227A или N5247A              |
| <b>N5262A 4-портовый измерительный контроллер мм диапазона для систем на базе анализаторов цепей PNA/PNA-X</b> |   |
| N5262A-104   | Комплект кабелей с соединителями 3,5 мм для подключения к 4-портовым приборам N5222A или N5242A               |
| N5262A-108   | Комплект кабелей с соединителями 2,4 мм для подключения к 4-портовым приборам N5224A/N5225A или N5244A/N5245A |
| N5262A-114   | Комплект кабелей с соединителями 1,85 мм для подключения к 4-портовым приборам N5227A или N5247A              |

### Примечания

- Для контроллеров N5261A и N5262A существует несколько вариантов кабелей, позволяющих выполнить подключение к модулям расширения частотного диапазона передачи/отражения сигнала. Более подробная информация содержится в разделе описания опций на стр. 25.
- При совместном использовании 4-портового измерительного контроллера миллиметрового диапазона с 2-портовым анализатором цепей PNA/PNA-X будут поддерживаться только 2-портовые измерения с отдельными диапазонами.

### Модули миллиметрового диапазона

Для заказа доступны несколько таких модулей, кроме того, по запросу могут быть созданы и другие специальные опции. При комплектации измерительной системы следует выбрать требуемое количество модулей. Для заказа измерительного модуля в специальном исполнении следует связаться с местным торговым представителем компании Keysight.

Одноканальные и двухканальные приемные модули используются при измерении параметров антенн или для однопортовых измерениях S-параметров.

### Модули передачи/отражения (OML Inc.)

| Фланец волновода | Диапазон частот, ГГц | Стандартные модули передачи/отражения | Модули передачи/отражения с механическим аттенуатором 25 дБ | Модули передачи/отражения с усилителями <sup>1</sup> 15 дБ для сигналов РЧ и гетеродина |
|------------------|----------------------|---------------------------------------|---|---|
| WR15             | 50 - 75              | N5256AW15 - STD                       | N5256AW15 - 001   | N5256AW15 - 002   |
| WR12             | 60 - 90              | N5256AW12 - STD                       | N5256AW12 - 001   | N5256AW12 - 002   |
| WR10             | 75 - 110             | N5256AW10 - STD                       | N5256AW10 - 001   | N5256AW10 - 002   |
| WR08             | 90 - 140             | N5256AW08 - STD                       | N5256AW08 - 001   | N5256AW08 - 002   |
| WR06             | 110 - 170            | N5256AW06 - STD                       | N5256AW06 - 001   | N5256AW06 - 002   |
| WR05             | 140 - 220            | N5256AW05 - STD                       | N5256AW05 - 001   | N5256AW05 - 002   |
| WR03             | 220 - 325            | N5256AW03 - STD                       | N5256AW03 - 001   | N5256AW03 - 002   |
| WR02.2           | 325 - 500            | N5256AW02 - STD                       | Не доступен   | N5256AW02 - 002 <sup>2</sup>  |
| Удлин. WR12      | 56 - 94              | N5256AX12 - STD                       | N5256AX12 - 001   | Доступен по запросу   |

- Обратите внимание, что модули с усилителем сигнала РЧ/гетеродина предназначены для измерения параметров антенн, поскольку кабели, соединяющие модуль и измерительный контроллер, характеризуются потерями на уровне 15 дБм. Не следует подключать их непосредственно к порту измерительного контроллера при помощи стандартного кабеля длиной 48 дюймов, при необходимости следует использовать фиксированный аттенуатор 15 дБ.
- При совместном использовании с контроллером N5260A для этих модулей требуется наличие внешнего источника питания постоянного тока (например, U8001A).
- Для модулей передачи/отражения, оснащенных механическим аттенуатором 25 дБ и усилителем сигнала РЧ/гетеродина 15 дБ, код заказа имеет вид N5256AWxx-003. Данная опция недоступна для N5256AW02.

### Модули передачи/отражения (OML Inc.) для измерения интермодуляционных искажений

| Фланец волновода | Частота, ГГц | № по каталогу модуля IMD |
|------------------|--------------|--------------------------|
| WR12             | 60 - 90      | N5256AW12 - IMD          |
| Удлин. WR12      | 56 - 94      | N5256AX12 - IMD          |
| WR10             | 75 - 110     | N5256AW10 - IMD          |

### Примечания

- Обратите внимание, что указанные выше модули могут использоваться для измерений интермодуляционных искажений с использованием опции 087 для анализатора цепей PNA-X.
- В настоящее время – только для решений с отдельными диапазонами.
- Вышеуказанная опция требует использования 4-портового контроллера N5262A.
- Доступ к прикладному ПО измерения интермодуляционных искажений с использованием свипирования в миллиметровом диапазоне требует обновления операционной системы до уровня Windows 7.0.
- Для подключения второго источника требуются комплект кабелей N5260A-501 и дополнительный ВЧ кабель с соединителями 3,5 мм (вилка-вилка), рассчитанный на частоту 20 ГГц.



## Конфигурирование технического решения с отдельными диапазонами

### Одноканальные приемные модули компании (OML Inc.)

| Фланец волновода | Диапазон частот, ГГц | Стандартные одноканальные приемные модули | Одноканальные приемные модули с усилителем гетеродина 15 дБ |
|------------------|----------------------|---|---|
| WR15             | 50 - 75              | N5257AR15 - STD                           | N5257AR15 - 001   |
| WR12             | 60 - 90              | N5257AR12 - STD                           | N5257AR12 - 001   |
| WR10             | 75 - 110             | N5257AR10 - STD                           | N5257AR10 - 001   |
| WR08             | 90 - 140             | N5257AR08 - STD                           | N5257AR08 - 001   |
| WR06             | 110 - 170            | N5257AR06 - STD                           | N5257AR06 - 001   |
| WR05             | 140 - 220            | N5257AR05 - STD                           | N5257AR05 - 001   |
| WR03             | 220 - 325            | N5257AR03 - STD                           | N5257AR03 - 001   |
| WR02.2           | 325 - 500            | N5257AR02 - STD                           | Доступен по запросу   |

### Кабели для модулей с отдельными диапазонами компании OML Inc. миллиметрового диапазона – только непосредственное подключение

| № модели  | Описание   |
|-----------|--|
| N5260AK48 | Кабели длиной 4 фута (тракт РЧ), гетеродин, ПЧ, смещение + адаптеры для непосредственного подключения головок передачи/отражения миллиметрового диапазона TxRx к N5224A, N5225A, N5227A или N5244A, N5245A, N5247A |
| N5260AK50 | Кабели длиной 4 фута (тракт РЧ), гетеродин, ПЧ, смещение) для непосредственного подключения головок передачи/отражения миллиметрового диапазона T/R к N5222A или N5242A  |
| N5260AK51 | Кабели длиной 4 фута (гетеродин, ПЧ, смещение) для непосредственного подключения головок передачи/отражения миллиметрового диапазона измерения только отражения к N5222A или N5242A                                |

#### Примечание

При конфигурировании модуля расширения частотного диапазона компании OML Inc. для непосредственного подключения следует предусмотреть наличие источника питания 12 В, 1,3 А (например, Keysight U8001A). Для каждого модуля расширения с непосредственным подключением потребуется один источник питания.

### Кабели для модулей расширения частотного диапазона компании OML при управлении от измерительного контроллера

Для каждого модуля, подключаемого к контроллеру, выберите один из следующих вариантов кабеля.

| Решение на базе контроллера N5261A и модулей компании OML |   |
|---|---|
| Опция кабеля  | Описание  |
| N5261A-501  | Один набор (1-портовый) кабелей для подключения к трактам РЧ/гетеродина/постоянного тока/ПЧ для подключения к одному модулю передачи/отражения сигналов миллиметрового диапазона, длина 48 дюймов |
| N5261A-502  | Один набор (1-портовый) кабелей для подключения к трактам РЧ/гетеродина/постоянного тока/ПЧ для подключения к одному модулю передачи/отражения сигналов миллиметрового диапазона, длина 2 метра   |
| N5261A-503  | Один набор (1-портовый) кабелей для подключения к трактам РЧ/гетеродина/постоянного тока/ПЧ для подключения к одному модулю передачи/отражения сигналов миллиметрового диапазона, длина 3 метра   |
| N5261A-505  | Один набор (1-портовый) кабелей для подключения к трактам РЧ/гетеродина/постоянного тока/ПЧ для подключения к одному модулю передачи/отражения сигналов миллиметрового диапазона, длина 5 метров  |

| Решение на базе контроллера N5262A и модулей компании OML |   |
|---|---|
| Опция кабеля  | Описание  |
| N5262A-501  | Один набор (1-портовый) кабелей для подключения к трактам РЧ/гетеродина/постоянного тока/ПЧ для подключения к одному модулю передачи/отражения сигналов миллиметрового диапазона, длина 48 дюймов |
| N5262A-502  | Один набор (1-портовый) кабелей для подключения к трактам РЧ/гетеродина/постоянного тока/ПЧ для подключения к одному модулю передачи/отражения сигналов миллиметрового диапазона, длина 2 метра   |
| N5262A-503  | Один набор (1-портовый) кабелей для подключения к трактам РЧ/гетеродина/постоянного тока/ПЧ для подключения к одному модулю передачи/отражения сигналов миллиметрового диапазона, длина 3 метра   |
| N5262A-505  | Один набор (1-портовый) кабелей для подключения к трактам РЧ/гетеродина/постоянного тока/ПЧ для подключения к одному модулю передачи/отражения сигналов миллиметрового диапазона, длина 5 метров  |

#### Примечание

По запросу доступны и прочие кабели в специальном исполнении.

### Двухканальные приемные модули компании (OML Inc.)

| Фланец волновода | Диапазон частот, ГГц | Стандартные двухканальные приемные модули | Двухканальные приемные модули с усилителем гетеродина 15 дБ |
|------------------|----------------------|---|---|
| WR15             | 50 - 75              | N5258AD15 - STD                           | N5258AD15 - 001   |
| WR12             | 60 - 90              | N5258AD12 - STD                           | N5258AD12 - 001   |
| WR10             | 75 - 110             | N5258AD10 - STD                           | N5258AD10 - 001   |
| WR08             | 90 - 140             | N5258AD08 - STD                           | N5258AD08 - 001   |
| WR06             | 110 - 170            | N5258AD06 - STD                           | N5258AD06 - 001   |
| WR05             | 140 - 220            | N5258AD05 - STD                           | N5258AD05 - 001   |
| WR03             | 220 - 325            | N5258AD03 - STD                           | N5258AD03 - 001   |

## Конфигурирование технического решения с отдельными диапазонами

### Калибровочные комплекты миллиметрового диапазона (OML Inc.)

| Фланец волновода | Диапазон частот, ГГц | Калибровочный комплект |
|------------------|----------------------|------------------------|
| WR15             | 50-75                | V11644A                |
| WR12             | 60-90                | N5260AC12              |
| WR10             | 75-110               | W11644A                |
| WR08             | 90-140               | N5260AC08              |
| WR06             | 110-170              | N5260AC06              |
| WR05             | 140-220              | N5260AC05              |
| WR03             | 220-325              | N5260AC03              |
| WR02.2           | 325-500              | N5260AC02              |
| Удлин. WR12      | 56-94                | N5260AC12              |

### Волноводные модули для измерения передачи/отражения (Virginia Diodes Inc.)

| Фланец волновода | Диапазон частот, ГГц | Стандартные модули передачи/отражения | Стандартные модули передачи/отражения с механическим аттенуатором 25 дБ |
|------------------|----------------------|---------------------------------------|---|
| WR15             | 50-75                | N5262AW15-700                         | N5262AW15-701   |
| WR10             | 75-110               | N5262AW10-700                         | N5262AW10-701   |
| WR8.0            | 90-140               | N5262AW08-700                         | N5262AW08-701   |
| WR6.0            | 110-170              | N5262AW06-700                         | N5262AW06-701   |
| WR5.1            | 140-220              | N5262AW05-700                         | N5262AW05-701   |
| WR3.4            | 220-325              | N5262AW03-700                         | N5262AW03-701   |
| WR2.2            | 325-500              | N5262AW02-700                         | N5262AW02-701   |
| WR1.5            | 500-750              | N5256AW01-700                         | N5256AW01-701   |
| WR1.0            | 750-1100             | N5262AW01-700                         | Опция с аттенуатором отсутствует  |

#### Примечания

1. В состав каждого изделия входит один модуль расширения частотного диапазона, поддерживающий все анализаторы цепей PNA/PNA-X и измерительные контроллеры.
2. Модули расширения частотного диапазона следует дополнить источником питания и соответствующими кабелями.
3. Для полного 2-портового измерения S-параметров следует заказать 2 модуля передачи/отражения из перечисленных выше.
4. При совместном использовании с измерительными контроллерами N5261A или N5262A следует дополнить систему источником питания и соответствующими кабелями
5. При использовании с контроллерами N5261A или N5262A опции 700/701 модуля расширения WR1.5 не поддерживаются.

### Волноводные модули (Virginia Diodes Inc.)

| Фланец волновода | Диапазон частот, ГГц | Стандартные приемные модули | Приемные модули высокой чувствительности с внешним фиксированным аттенуатором |
|------------------|----------------------|-----------------------------|---|
| WR15             | 50-75                | N5262AR15-700               | N5262AR15-701   |
| WR10             | 75-110               | N5262AR10-700               | N5262AR10-701   |
| WR8.0            | 90-140               | N5262AR08-700               | N5262AR08-701   |
| WR6.0            | 110-170              | N5262AR06-700               | N5262AR06-701   |
| WR5.1            | 140-220              | N5262AR05-700               | N5262AR05-701   |
| WR3.4            | 220-325              | N5262AR03-700               | N5262AR03-701   |
| WR2.2            | 325-500              | N5262AR02-700               | N5262AR02-701   |
| WR1.5            | 500-750              | N5256AR01-700               | N5256AR01-701   |
| WR1.0            | 750-1100             | N5262AW01-700               | Не доступно   |

#### Примечания

1. В состав каждого изделия входит только один модуль расширения частотного диапазона.
2. Модули расширения частотного диапазона следует дополнить источником питания и соответствующим кабелем.
3. Выше указаны только приемные модули, и для 2-портового измерения S-параметров в одном тракте требуется модуль передачи/отражения.
4. При совместном использовании с измерительными контроллерами N5261A или N5262A следует дополнить систему источником питания и соответствующим кабелем.
5. При использовании с контроллерами N5261A/62A опции 700/701 модуля расширения WR1.5 не поддерживаются.

## Конфигурирование технического решения с отдельными диапазонами

### Исполнения кабелей (Virginia Diodes Inc.)

| Исполнение кабеля | Описание  |
|-------------------|---|
| N5262AWCBL-N01    | Кабели не входят в состав Опции 700 или 701 модулей Tx/Rx, которые предназначены для использования с комплектом кабелей длиной 1,2 м.   |
| N5262AWCBL-N05    | Кабели не входят в состав Опции 700 или 701 модулей Tx/Rx, которые предназначены для использования с комплектом кабелей длиной 5 метров.  |
| N5262AWCBL-701    | Комплект кабелей длиной 1,2 м для опции 700 или 701 модулей Tx/Rx для непосредственного подключения к анализаторам цепей PNA/PNA-X с частотным диапазоном > 43,5 ГГц. Включает в себя дополнительный ВЧ кабель 50 ГГц для работы модуля Tx/Rx при высоких частотах. Для подключения к анализаторам PNA/PNA-X 26,5 ГГц и измерительным контроллерам N5261A/62A следует добавить комплект адаптеров N5262AWADP-A01. |
| N5262AWCBL-705    | Комплект кабелей длиной 5 м для опции 700 или 701 модулей Tx/Rx для подключения к контроллеру N5261A/62A.   |
| N5262AWCBL-201    | Для непосредственного подключения к анализаторам PNA/PNA-X до 26,5 ГГц и >43 ГГц следует добавить комплект адаптеров N5262AWADP-A05.  |
| N5262AWCBL-205    | Комплект кабелей длиной 1,2 м для опции 700 или 701 модулей Tx/Rx для непосредственного подключения к анализаторам цепей PNA/PNA-X с частотным диапазоном до 26,5 ГГц.  |
| N5262AWCBL-401    | Комплект кабелей длиной 5 м для опции 700 или 701 модулей Tx/Rx для непосредственного подключения к анализаторам цепей PNA/PNA-X с частотным диапазоном до 26,5 ГГц.  |
| N5262AWCBL-405    | Комплект кабелей длиной 1,2 м для опции 700 или 701 модулей Tx/Rx для непосредственного подключения к анализаторам цепей PNA/PNA-X с частотным диапазоном до 43,5 ГГц. Не включает в себя дополнительный ВЧ кабель 50 ГГц для работы модулей Tx/Rx при высоких частотах.  |
| N5262AWCBL-501    | Комплект кабелей длиной 5 м для опции 700 или 701 модулей Tx/Rx для непосредственного подключения к анализаторам цепей PNA/PNA-X с частотным диапазоном до 43,5 ГГц. Не включает в себя дополнительный ВЧ кабель 50 ГГц для работы модулей Tx/Rx при высоких частотах.  |
| N5262ARCBL-N01    | Комплект кабелей длиной 1,2 м для опции 700 или 701 модулей Tx/Rx для подключения к контроллеру N5261A/62A.   |
| N5262ARCBL-N05    | Кабели не входят в состав опции 700 или 701 только приемных модулей, которые предназначены для использования комплекта кабелей длиной 1,2 м.  |
| N5262ARCBL-701    | Кабели не входят в состав опции 700 или 701 только приемных модулей, которые предназначены для использования комплекта кабелей длиной 5 м.  |
| N5262ARCBL-705    | Комплект кабелей длиной 1,2 м для опции 700 или 701 только приемных модулей для непосредственного подключения к анализаторам цепей PNA/PNA-X с частотным диапазоном >43,5 ГГц. Включает в себя дополнительный ВЧ кабель 50 ГГц для работы при высоких частотах. Для подключения к анализаторам PNA/PNA-X 26,5 ГГц и измерительным контроллерам N5261A/62A следует добавить комплект адаптеров N5262ARADP-A01.     |
| N5262ARCBL-201    | Комплект кабелей длиной 5 м для опции 700 или 701 только приемных модулей для подключения к измерительным контроллерам N5261A/62A. Для непосредственного подключения к анализаторам PNA/PNA-X до 26,5 ГГц и >43 ГГц следует добавить комплект адаптеров N5262ARADP-A05.   |
| N5262ARCBL-205    | Комплект кабелей длиной 1,2 м для опции 700 или 701 только приемных модулей для непосредственного подключения к анализаторам цепей PNA/PNA-X с частотным диапазоном до 26,5 ГГц.  |
| N5262ARCBL-401    | Комплект кабелей длиной 5 м для опции 700 или 701 только приемных модулей для непосредственного подключения к анализаторам цепей PNA/PNA-X с частотным диапазоном до 26,5 ГГц.  |
| N5262ARCBL-405    | Комплект кабелей длиной 1,2 м для опции 700 или 701 только приемных модулей для непосредственного подключения к анализаторам цепей PNA/PNA-X с частотным диапазоном >43,5 ГГц.  |
| N5262ARCBL-501    | Комплект кабелей длиной 5 м для опции 700 или 701 только приемных модулей для непосредственного подключения к анализаторам цепей PNA/PNA-X с частотным диапазоном >43,5 ГГц.<br>Комплект кабелей длиной 1,2 м для опции 700 или 701 только приемных модулей для подключения к измерительным контроллерам N5261A/62A.  |

### Комплекты адаптеров для использования с комплектами кабелей опций 701 и 705

| Комплект адаптеров | Описание  |
|--------------------|---|
| N5262AWADP-A01     | Комплект адаптеров для использования с N5262AWCBL-701 для подключения к анализаторам PNA/PNA-X 26,5 ГГц и измерительным контроллерам N5261A/62A |
| N5262AWADP-A05     | Комплект адаптеров для использования с N5262ARCBL-701 для подключения к анализаторам PNA/PNA-X 26,5 ГГц и >43,5 ГГц                             |
| N5262ARADP-A01     | Комплект адаптеров для использования с N5262AWCBL-701 для подключения к анализаторам PNA/PNA-X 26,5 ГГц и измерительным контроллерам N5261A/62A |
| N5262ARADP-A05     | Комплект адаптеров для использования с N5262ARCBL-705 для подключения к анализаторам PNA/PNA-X 26,5 ГГц и >43,5 ГГц                             |

### Power supply option (Virginia Diodes Inc.)

| № опции      | Описание                                 |
|--------------|--|
| N5262VDI-175 | Источник питания VDI-175 для модулей VDI |

#### Примечание

Следует заказать при использовании N5262AWxx. № опции изделия см. в таблице выше.

### Калибровочные комплекты миллиметрового диапазона (Virginia Diodes Inc.)

| Фланец волновода | Диапазон частот, ГГц | Калибровочный комплект |
|------------------|----------------------|------------------------|
| WR15             | 50 - 75              | N5262AC15              |
| WR12             | 60 - 90              | N5262AC12              |
| WR10             | 75 - 110             | N5262AC10              |
| WR8.0            | 90 - 140             | N5262AC08              |
| WR6.5            | 110 - 170            | N5262AC06              |
| WR5.1            | 140 - 220            | N5262AC05              |
| WR3.4            | 220 - 325            | N5262AC03              |

### Калибровочные комплекты миллиметрового диапазона (Virginia Diodes Inc.)

| Фланец волновода | Диапазон частот, ГГц | Калибровочный комплект |
|------------------|----------------------|------------------------|
| WR2.2            | 325 - 500            | N5262AC02              |
| WR1.5            | 500 - 750            | N5260AC01              |
| WR1.0            | 750 ГГц -1,1 ТГц     | N5262AC01              |

### Волноводные мини-модули передачи/отражения волноводов для измерения передачи/отражения (Virginia Diodes Inc.)

| Фланец волновода | Диапазон частот, ГГц | Стандартные модули передачи/отражения | Модули передачи/отражения с микрометрическим аттенуатором от 0 до 30 дБ |
|------------------|----------------------|---------------------------------------|---|
| WR15             | 47 - 77              | N5262BW15 - STD                       | N5262BW15 - 001   |
| WR12             | 55 - 95              | N5262BW12 - STD                       | N5262BW12 - 001   |
| WR10             | 67 - 110             | N5262BW10 - STD                       | N5262BW10 - 001   |

#### Примечания

1. Для модулей могут быть выбраны опции использования с комплектом кабелей длиной 1,2 м (опция 120) или с комплектом кабелей длиной 5 м (опция 500).
2. В комплектацию каждого заказанного модуля входит источник питания.
3. Все модули совместимы с анализаторами цепей PNA/PNA-X или измерительными контроллерами, а также предусматривают опции для непосредственного подключения к анализаторам цепей или подключения к измерительному контроллеру.

### Приемные мини-модули волноводов (Virginia Diodes Inc.)

| Фланец волновода | Диапазон частот, ГГц | Стандартные приемные модули | Приемные модули высокой чувствительности с внешним фиксированным аттенуатором |
|------------------|----------------------|-----------------------------|---|
| WR15             | 47 - 77              | N5262BR15 - STD             | N5262BR15 - 001   |
| WR12             | 55 - 95              | N5262BR12 - STD             | N5262BR12 - 001   |
| WR10             | 67 - 110             | N5262BR10 - STD             | N5262BR10 - 001   |

#### Примечания

1. Модули высокой чувствительности обладают тем же динамическим диапазоном, с уровнем шума, пониженным на 25 дБ, и более низкой точкой насыщения.
2. Для модулей могут быть выбраны опции использования с комплектом кабелей длиной 1,2 м (опция 120) или с комплектом кабелей длиной 5 м (опция 500).
3. В комплектацию каждого заказанного модуля входит источник питания.
4. Все модули совместимы с анализаторами цепей PNA/PNA-X или измерительными контроллерами, а также предусматривают опции для непосредственного подключения к анализаторам цепей или подключения к измерительному контроллеру.

### Размеры модулей передачи/отражения волноводов (Virginia Diodes Inc.)

| Модуль      | Ширина     | Длина   | Высота                                |
|-------------|------------|---|---------------------------------------|
| Стандартный | 5,0 дюймов | 15,275 дюйма, включая волновод, от WR1.5 до WR15. 10,25 дюйма, включая волновод WR1.0 | 3,5 дюйма (регулировка + 1,25 дюйма)  |
| Мини-модули | 3,0 дюйма  | 10,8 дюйма, включая волновод, от WR10 до WR15   | 2,35 дюйма (регулировка + 0,75 дюйма) |

### Таблица эквивалентных обозначений волноводов

| MIL-DTL-85/3C | IEEE Std 1785.1 | Диапазон частот   |
|---------------|-----------------|-------------------|
| WR-15         | WM-3759         | 50 ГГц - 75 ГГц   |
| WR-12         | WM-3099         | 60 ГГц - 90 ГГц   |
| WR-10         | WM-2540         | 75 ГГц - 110 ГГц  |
| WR-08         | WM-2032         | 90 ГГц - 140 ГГц  |
| WR-06         | WM-1651         | 110 ГГц - 170 ГГц |
| WR-05         | WM-1295         | 140 ГГц - 220 ГГц |
| WR-04         | WM-1092         | 170 ГГц - 260 ГГц |
| WR-03         | WM-864          | 220 ГГц - 330 ГГц |
| WR-02         | WM-570          | 330 ГГц - 500 ГГц |
| WR-1.5        | WM-380          | 500 ГГц - 750 ГГц |
| WR1.0         | WM-250          | 750 ГГц - 1,1 ТГц |

Справка: Стандарт IEEE для прямоугольных металлических волноводов и их интерфейсов для частот 110 ГГц и выше – Часть 1: Полосы частот и размеры волноводов

## Основные веб-ресурсы

### Переход с анализаторов цепей серии 8510 на анализаторы серии PNA

Инженеры компании Keysight, специализирующиеся в области анализаторов цепей, помогут вам сэкономить время и средства, чтобы облегчить переход от анализаторов цепей серии 8510 к серии PNA, а также быструю замену программного кода, используемого в измерительной системе. Для получения дополнительной информации посетите веб-сайт: [www.keysight.com/find/8510](http://www.keysight.com/find/8510)

Для получения информации по оборудованию и принадлежностям для испытаний и измерений следует обращаться:

Cascade Microtech, Inc.  
2430 NW 206th Avenue  
Beaverton, Oregon 97006, USA  
Бесплатный телефон: (800) 550-3279  
Телефон: (503) 601-1000  
Факс: (503) 601-1002  
Веб-сайт: [www.cascademicrotech.com](http://www.cascademicrotech.com)  
Электронная почта: [sales@cmicro.com](mailto:sales@cmicro.com)

Российское отделение  
Keysight Technologies

115054, Москва, Космодамианская наб., 52,  
стр. 3  
Тел.: +7 (495) 7973954  
8 800 500 9286 (Звонок по России  
бесплатный)  
Факс: +7 (495) 7973902  
e-mail: [tmo\\_russia@keysight.com](mailto:tmo_russia@keysight.com)  
[www.keysight.ru](http://www.keysight.ru)

Сервисный Центр  
Keysight Technologies в России

115054, Москва, Космодамианская наб., 52,  
стр. 3  
Тел.: +7 (495) 7973930  
Факс: +7 (495) 7973901  
e-mail: [tmo\\_russia@keysight.com](mailto:tmo_russia@keysight.com)

myKeysight

myKeysight

[www.keysight.com/find/mykeysight](http://www.keysight.com/find/mykeysight)  
Персонализированное представление наиболее важной для Вас информации.



Три года гарантии

[www.keysight.com/find/ThreeYearWarranty](http://www.keysight.com/find/ThreeYearWarranty)  
Компания Keysight обеспечивает высочайшее качество продукции и снижает общую стоимость владения. Единственный производитель контрольно-измерительного оборудования, который предлагает в качестве стандарта трехлетнюю гарантию на все оборудование по всему миру.



Keysight Assurance Plans

[www.keysight.com/find/AssurancePlans](http://www.keysight.com/find/AssurancePlans)  
До пяти лет поддержки без непредвиденных расходов гарантируют, что ваше оборудование будет работать в соответствии с заявленной производителем спецификацией, а вы будете уверены в точности своих измерений.



[www.keysight.com/go/quality](http://www.keysight.com/go/quality)

Keysight Technologies, Inc.  
Система управления качеством Keysight сертифицирована DEKRA по ISO 9001:2008

Keysight Channel Partners

[www.keysight.com/find/channelpartners](http://www.keysight.com/find/channelpartners)  
Получите двойную выгоду: богатый опыт и широкий выбор продуктов Keysight в сочетании с удобствами, предлагаемыми торговыми партнерами.

[www.keysight.com/find/pna](http://www.keysight.com/find/pna)  
[www.keysight.com/find/N5251A](http://www.keysight.com/find/N5251A)  
[www.keysight.com/find/mmwave](http://www.keysight.com/find/mmwave)



Технические характеристики и описания изделий, содержащиеся в данном документе, могут быть изменены без предварительного уведомления.  
© Keysight Technologies, 2011–2015  
Published in USA, May 29, 2015  
5989-7620RURU  
[www.keysight.com](http://www.keysight.com)