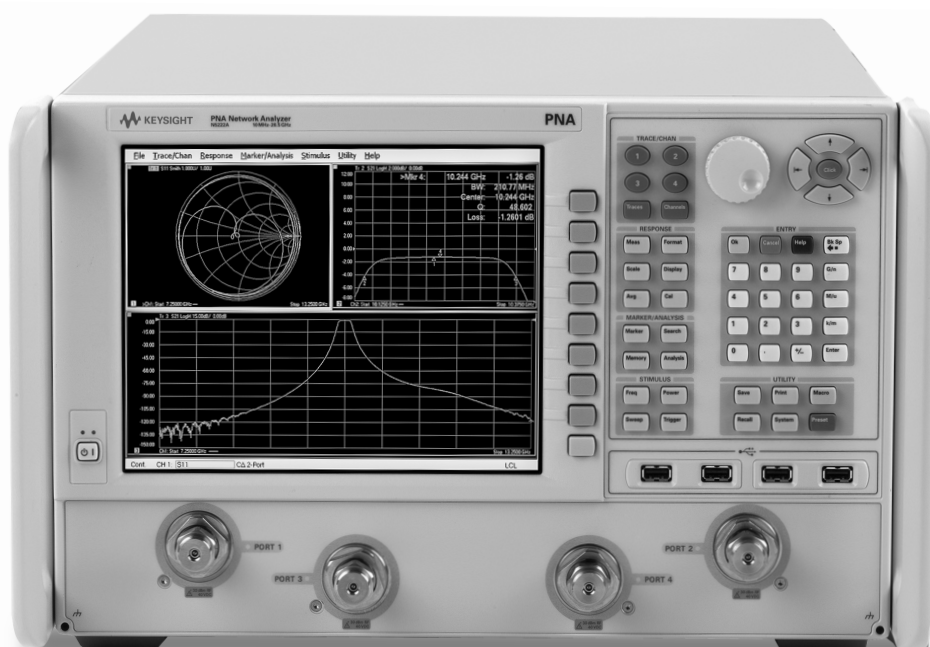


# Keysight Technologies

## Тестирование антенн

Руководство по выбору



## 1. Введение

Компания Keysight Technologies, Inc. предоставляет множество компонентов, необходимых для проведения точных измерений параметров антенн и эффективной площади рассеяния (ЭПР). Данное руководство поможет выбрать оборудование, необходимое для измерений параметров антенн. Оно предназначено, прежде всего, для тех, кто собирается разрабатывать, интегрировать и развёртывать собственные системы для измерения параметров антенн с использованием оборудования для тестирования антенн компании Keysight, а также для тех, кто намеревается перейти к использованию новейших анализаторов цепей компании Keysight. Для опытных пользователей, занимающихся собственными разработками, это руководство по выбору содержит входные и выходные характеристики компонентов для измерения параметров антенн, предоставляемых компанией Keysight. Инженеры компании Keysight Technologies будут рады помочь в комплектовании измерительного оборудования. Компания Keysight Technologies не предоставляет программное обеспечение и не оказывает услуги по интеграции систем для измерения параметров антенн. Однако подразделение компании Keysight, предлагающее решения по повышению производительности систем, может оказать подобные услуги за отдельную плату.

Некоторые пользователи предпочитают поручать разработку, интеграцию и установку антенных систем поставщикам законченных решений, имеющим богатый опыт разработки систем для измерения параметров антенн. Компания Keysight Technologies сотрудничает с партнёрами, которые могут оказывать такие услуги. Наши партнёры определяют вместе с заказчиком требования к измерениям и разрабатывают систему для измерения параметров антенн, которая удовлетворяет этим требованиям, ВЧ-подсистему, подсистему позиционирования, прикладную измерительную программу, а также выполняют установку системы и проведут обучение.

Это руководство по выбору может оказаться полезным для специалистов, имеющих большой опыт тестирования антенн. Обращайтесь к web-сайту компании Keysight: [www.keysight.com/find/antenna](http://www.keysight.com/find/antenna) для доступа к технической документации и информации о предлагаемом в текущий момент оборудовании для тестирования антенн.

### Данное руководство позволит:

- понять, как измерительные приборы компании Keysight можно интегрировать в систему пользователя
- изучить требования к интерфейсу между компонентами
- выявить проблемы, связанные с выбором оборудования, необходимого для проведения измерений параметров антенн
- понять, как перейти от анализатора цепей 8510 или СВЧ-приёмника 8530 к измерительному приёмнику N5264A на базе анализатора цепей серии PNA-X.

## Содержание

1. Введение.....	2
2. Анализаторы цепей серии PNA для измерения параметров антенн.....	5
Измерения параметров антенн в ближней зоне.....	6
Измерения параметров антенн в дальней зоне.....	7
Измерения эффективной площади рассеяния.....	10
Диапазонные измерения в миллиметровом диапазоне.....	11
Конфигурирование широкополосного технического решения.....	12
Принадлежности.....	14
Конфигурирование диапазонного технического решения.....	15
Описания опций.....	21
3. Анализ проблем разработки системы измерения параметров антенн.....	24
Конфигурация передающей стороны.....	24
Конфигурация приёмной стороны с выносными смесителями.....	29
Определение скорости измерения.....	34
Оптимизация скорости и динамического диапазона.....	35
Интерфейсные требования для анализаторов цепей серии PNA, снятых с производства.....	36
Функциональное тестирование.....	43
4. Переход от серии 8510/8530 к серии PNA.....	44
Переход от систем измерения параметров антенн на основе серии 8510/8530 к системам на основе анализаторов цепей серии PNA.....	44
Технические услуги, оказываемые компанией Keysight при переходе от серии 8510/8530 к анализаторам цепей серии PNA.....	45
Примеры перехода.....	46
5. Каталог компонентов для измерений параметров антенн.....	48
СВЧ-анализаторы цепей.....	48
Источники сигналов.....	52
Преобразователи частоты.....	54
Усилители.....	66
Многоканальные измерения.....	68
Автоматизация измерений.....	72
<b>Приложение 1:</b> функции защиты конфиденциальных данных в анализаторах цепей серии PNA.....	74
Термины и определения.....	74
Память анализатора цепей серии PNA.....	75
Процедуры очистки, санитизации и/или удаления памяти.....	75
Меры по обеспечению защиты данных при работе с интерфейсом пользователя и в режиме дистанционного управления.....	76
Процедура рассекречивания неисправного прибора.....	77
<b>Приложение 2:</b> выбор полосы ПЧ анализатора цепей серии PNA для функционирования, сравнимого с 8510.....	78
<b>Приложение 3:</b> конфигурирование внешнего источника сигналов для использования с анализатором цепей серии PNA.....	79

## Основные части антенного полигона

Типовую измерительную систему антенного полигона можно разделить на две основные части: передающая сторона и принимающая сторона (см. рисунок 1). Передающая сторона содержит источник СВЧ-сигнала, усилители (если требуются), передающую антенну и канал связи с принимающей стороной. Принимающая сторона содержит тестируемую антенну, опорную антенну, приёмник, гетеродин, ВЧ-преобразователь с понижением частоты, устройство позиционирования, системное программное обеспечение и компьютер.

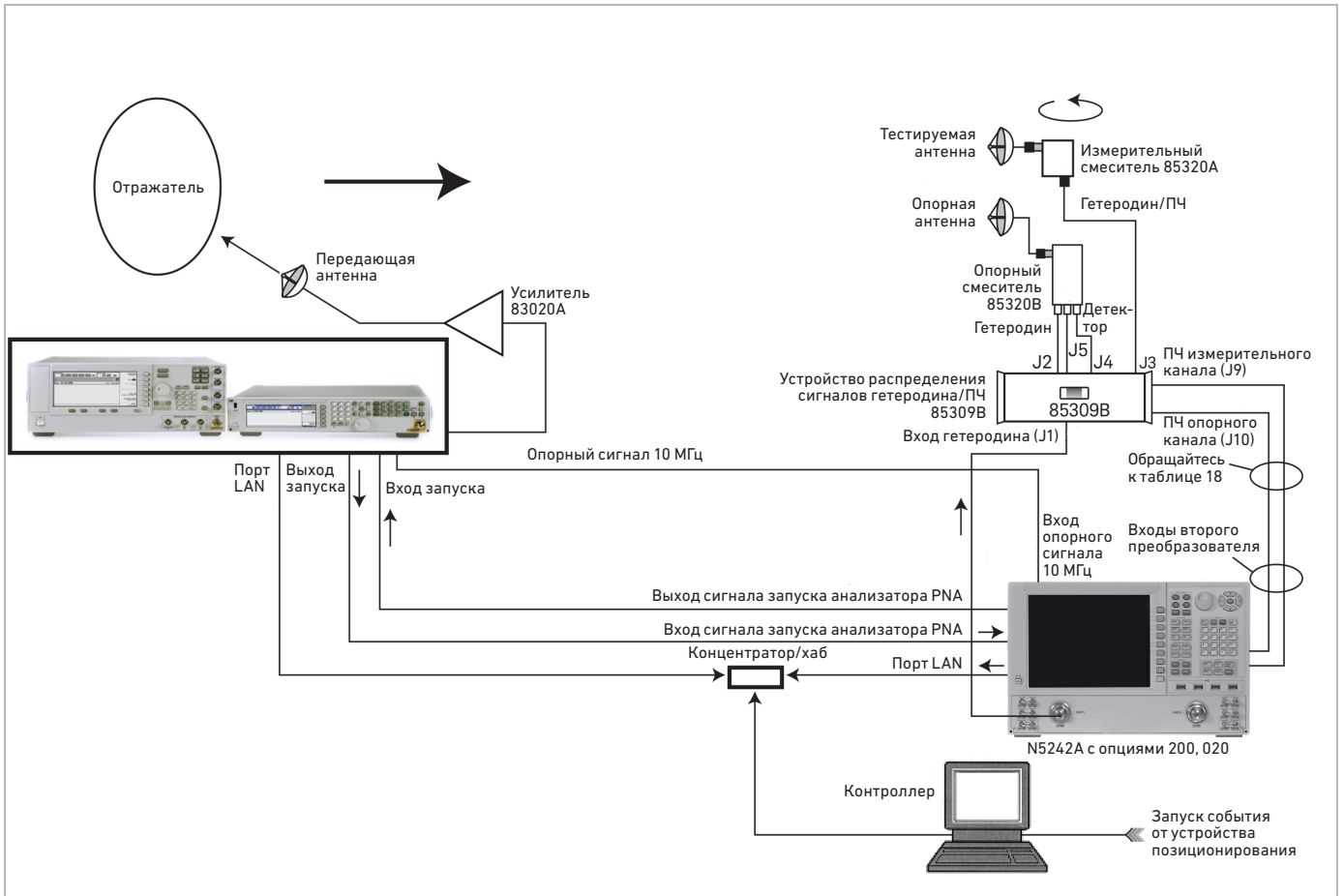


Рисунок 1. Упрощенный пример антенного полигона для проведения измерений в дальней зоне, который использует генератор сигналов MXG и анализатор цепей N522xA серии PNA или измерительный приёмник N5264A на базе анализатора цепей серии PNA-X с источником сигнала гетеродина (опция 108).

## Торговые партнёры

Компания Keysight сотрудничает с торговыми партнёрами, которые занимаются разработкой законченных технических решений, связанных с тестированием антенн и антенными полигонами. При создании и установке систем для измерения параметров антенн эти партнёры работают в тесном сотрудничестве с инженерами компании Keysight для решения задач заказчика. Измерительные приборы компании Keysight, такие как измерительные приёмники, анализаторы цепей, генераторы сигналов и принадлежности, могут закупаться напрямую конечным пользователем или через торговых партнёров компании Keysight. Получить информацию о торговых партнёрах в регионе пользователя можно в представительстве компании Keysight.

## 2. Анализаторы цепей серии PNA для измерения параметров антенн

Измерительные приёмники на базе анализаторов цепей серии PNA-X и анализаторы цепей серий PNA/PNA-X компании Keysight основаны на новейших технологиях и оснащены функциями, которые улучшают технические характеристики и расширяют функциональные возможности решений для измерения параметров антенн и эффективной площади рассеяния (ЭПР).

### Высокая чувствительность

Измерительные приёмники на базе анализаторов цепей серии PNA-X являются прямой заменой предыдущей модели 8530A, обеспечивая высокую производительность и улучшение чувствительности измерений.

Архитектура анализатора цепей серии PNA/PNA-X построена на основе преобразования частоты, что обеспечивает превосходную чувствительность. В серии PNA/PNA-X предусмотрен выбор, как минимум, 29 различных полос ПЧ. Это позволяет оптимизировать чувствительность на основе компромисса со скоростью измерения, удовлетворяя тем самым требования к измерениям с учётом специфики применения.

Анализаторы цепей серии PNA/PNA-X позволяют достичь максимальной чувствительности в конфигурациях с выносом смесителей за счет добавления опции 020 (добавление входов ПЧ). Эта опция позволяет использовать внешний источник сигнала ПЧ и обойти первый смеситель, встроенный в PNA-X. Перемычки передней панели также позволяют повысить чувствительность на 15 дБ за счёт обхода ответвителя.

Анализаторы цепей серии PNA, снятые с производства (E836xC) позволяют достичь максимальной чувствительности в конфигурациях с выносом смесителей за счет добавления опции опции H11 (доступ к ПЧ). Эта опция позволяет использовать внешний источник сигнала ПЧ 8,33 МГц и обойти первый смеситель, встроенный в PNA. Опция 014 также обеспечивает повышение чувствительности примерно на 15 дБ путём добавления опорных связей, которые позволяют обойти ответвитель.

### Повышенное быстродействие

Исключительно высокая скорость передачи данных из анализаторов цепей достигается за счёт использования функций COM/DCOM. Подключение к локальной сети через встроенный интерфейс LAN 10/100 позволяет располагать ПК на удалении от измерительного оборудования. Вместе эти функции обеспечивают проведение дистанционного тестирования и сокращают его продолжительность.

Опция 118 добавляет режим быстрого свипирования Fast CW и обеспечивает сбор данных со скоростью более чем 400000 точек в секунду одновременно по пяти измерительным приёмникам.

### Гибкость и точность

Предусмотрено до пяти одновременно работающих приёмников (A, B, C, D и R) в измерительном приёмнике на базе анализатора цепей серии PNA-X и до четырёх приёмников в анализаторах цепей серии PNA-X в стандартной комплектации, а также до пяти приёмников - в анализаторах цепей серии PNA-X с опцией 020. Каждый приёмник способен измерить до 400000 точек данных.

Опция 080 позволяет в анализаторах цепей серий PNA/PNA-X устанавливать частоту источника независимо от настройки приёмника. Пользователь может ввести значения коэффициента умножения и смещения частоты для описания формулы настройки частоты приёмника при слежении за источником. В опции 080 мощность в опорном канале может быть ниже уровня захвата ФАПЧ, так как захват происходит независимо. Объединение опций H11 (доступ к ПЧ) и 080 (смещение частоты и расширенный запуск) позволяет выполнять очень точные измерения параметров антенн.

Измерительные приёмники на базе анализатора цепей серии PNA-X и анализаторы цепей серий PNA/PNA-X допускают синхронизацию с внешними генераторами сигналов, что позволяет ещё больше повысить производительность и значительно улучшить точность измерений.

## Измерения в импульсном режиме

В анализаторах цепей серии PNA/PNA-X опция 021 (добавление импульсного модулятора к первому внутреннему источнику) и опция 025 (добавление четырёх внутренних импульсных генераторов) добавляют возможности измерения импульсных ВЧ-сигналов при тестировании антенн в импульсном режиме. Вместе с опцией 008 они расширяют возможности измерений анализаторов цепей серий PNA/PNA-X в импульсном режиме, обеспечивая проведение измерений с усреднением на выбранном участке в пределах длительности импульса (Point-in-pulse) при длительности импульса менее чем 33 нс.

## Защита данных

Для работы в защищённых средах в анализаторах цепей семейства PNA предусмотрен съёмный накопитель на жёстких магнитных дисках (НЖМД), полностью обеспечивающий защиту конфиденциальных данных, накопленных анализатором. Подробная информация приведена в приложении 1 на странице 74.

В следующих разделах показано, как анализатор цепей серии PNA может быть интегрирован в системы для измерения в поле ближней зоны, поле дальней зоны, ЭПР и в миллиметровом диапазоне.

## Измерения параметров антенн в ближней зоне

При решении прикладных измерительных задач в поле ближней зоны пробник располагается очень близко к тестируемой антенне, поэтому чувствительность и динамический диапазон не столь важны при анализе технических характеристик, как для антенного полигона дальней зоны. Функция выбираемой пользователем полосы ПЧ может использоваться для оптимизации скорости измерения за счёт чувствительности. Выбор наиболее широкой полосы (5 МГц для DSP-4, 15 МГц для DSP-5) соответствует максимальной скорости измерения. Анализаторы цепей серии PNA-X основаны на смесителях со смещением на основной частоте до 26,5 ГГц и имеют на 24 дБ более высокую чувствительность и более широкий динамический диапазон по сравнению с анализаторами на основе стробоскопических смесителей. Это с большим запасом возмещает потерю чувствительности при установке полосы ПЧ в максимальное положение для достижения максимальной скорости измерения. Следовательно, серия PNA-X обеспечивает более высокую скорость сбора данных с повышенной чувствительностью при решении измерительных задач в поле ближней зоны по сравнению с устаревшими приборами. См. рисунок 2.

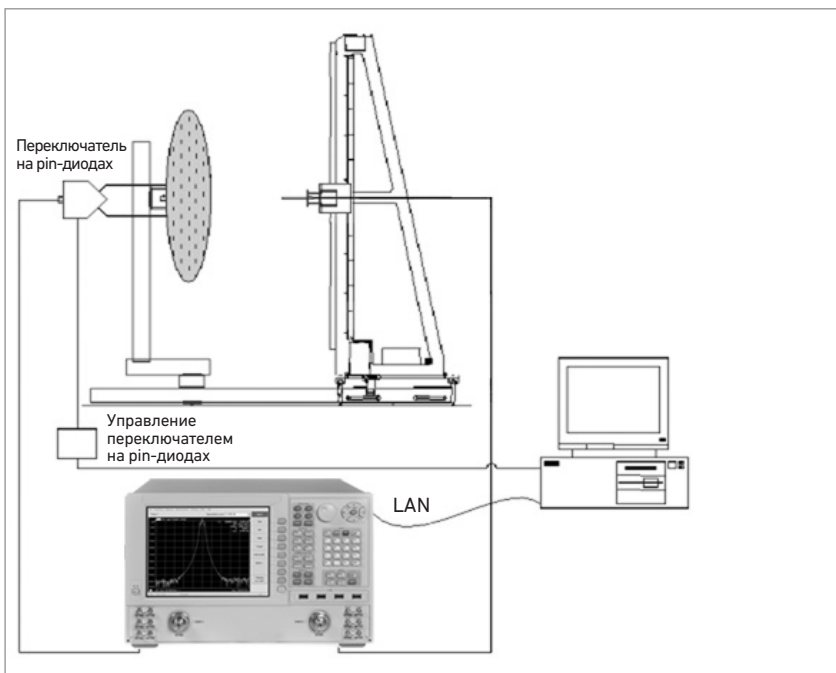


Рисунок 2. Типовая конфигурация для измерений параметров антенн в поле ближней зоны с использованием анализатора цепей серий PNA/PNA-X. Кроме того, можно использовать анализатор цепей серии PNA-L с прямым доступом к приёмнику.

## Измерения параметров антенн в дальней зоне

Система, основанная на измерительном приёмнике N5264A на базе анализатора цепей серии PNA-X, использует внешние широкополосные смесители 85320A/B и устройство распределения сигналов гетеродина/ПЧ 85309B и является наилучшим измерительным решением (см. рисунок 4). С опцией 108 внутренний синтезированный источник СВЧ-сигнала может использоваться в качестве гетеродина для 85309B.

В качестве альтернативы можно использовать анализаторы цепей серий PNA/PNA-X с опцией 020 или снятые с производства анализаторы цепей серии PNA (E836xС) с опцией H11 (доступ к ПЧ), что позволяет достичь высокой чувствительности, требуемой для измерений параметров антенн в дальней зоне. Более высокая чувствительность можно быть достигнута за счёт того, что сигнал ПЧ обходит первый каскад преобразования частоты в PNA/PNA-X и подаётся непосредственно на вход второго каскада преобразования, выведенный на заднюю панель.

Примечание: с опцией H11 первая ПЧ анализатора цепей серии PNA составляет 8,33 МГц, поэтому при использовании входов этой опции пользователь должен обеспечить сдвиг гетеродина внешнего смесителя на 8,33 МГц.

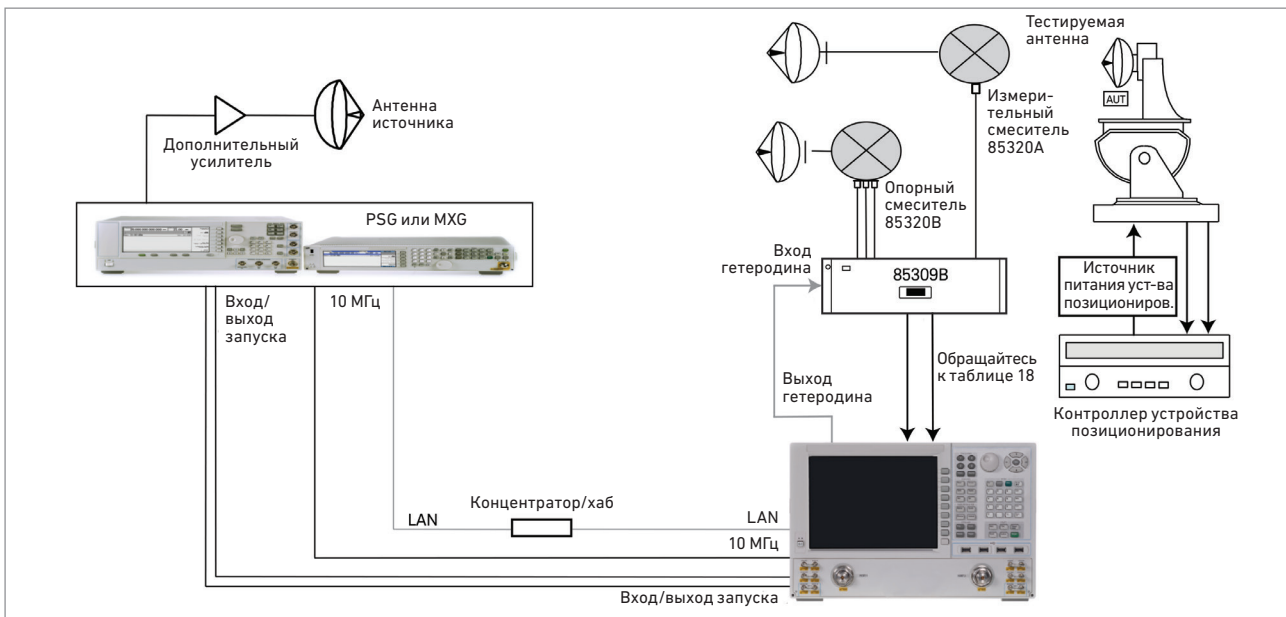


Рисунок 3. Типовая конфигурация для измерений параметров антенн в поле дальней зоны с использованием анализатора цепей серии PNA-X.

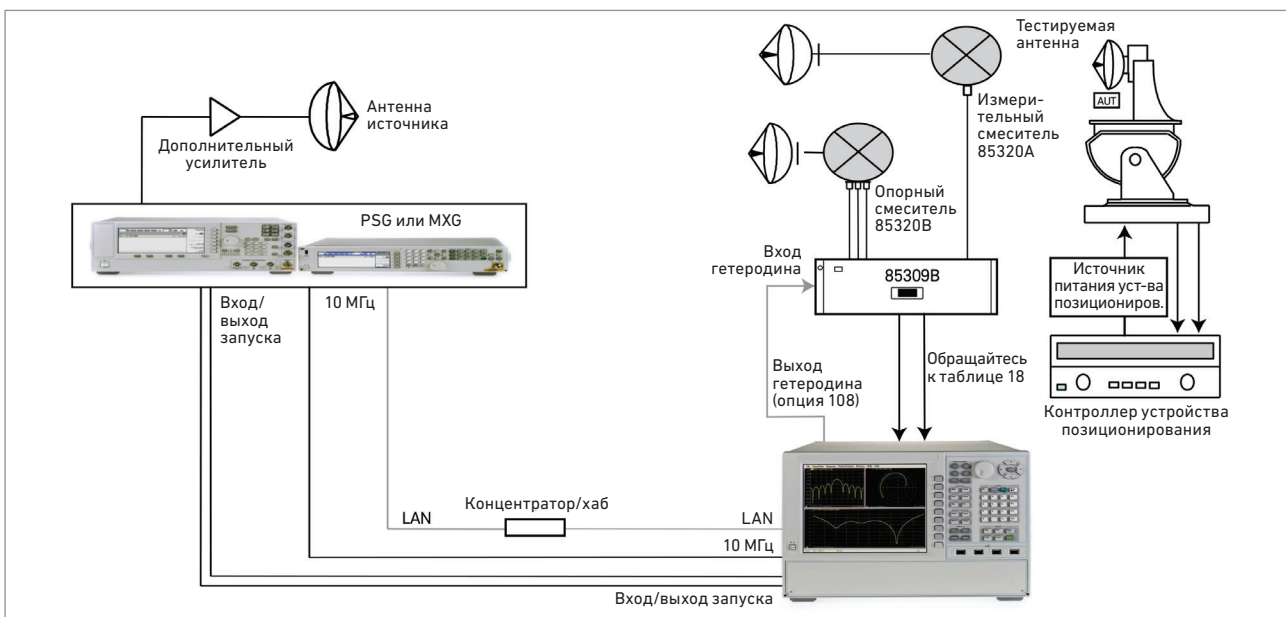


Рисунок 4. Типовая конфигурация для компактного антенного полигона с использованием измерительного приёмника N5264A на базе анализатора цепей серии PNA-X.

## Измерения параметров антенн в дальней зоне (продолжение)

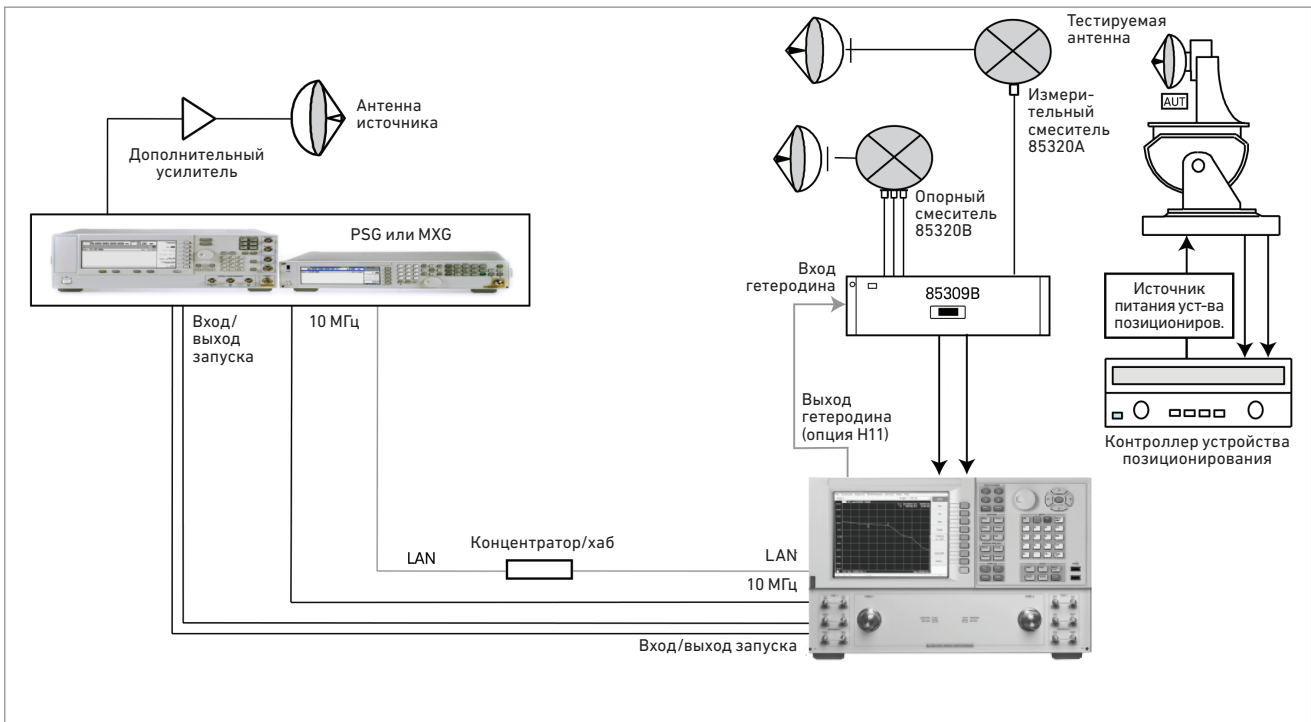


Рисунок 5. Типовая конфигурация для измерений параметров антенн с использованием анализатора цепей серии PNA с опцией H11.

Высокая скорость сбора данных анализаторов цепей серии PNA-X и более чем 400000 точек данных в секунду при использовании измерительных приёмников на базе анализаторов цепей серии PNA-X делает их идеальными для использования на антенных полигонах дальней зоны. При установленной полосе ПЧ анализатора цепей серии PNA, равной 10 кГц, скорость сбора данных составляет 119 мкс на точку. При установленной полосе ПЧ анализатора цепей серии PNA-X, равной 600 кГц, скорость сбора данных составляет 2,4 мкс на точку. Очень высокая скорость обработки данных особенно полезна при необходимости высокой интенсивности сбора данных, например, на полигонах с активными антенными решётками. С другой стороны, эти свойства могут оказаться бесполезными, если скорость вращения устройства позиционирования ограничена. В общем, при более высоких скоростях сбора данных полоса ПЧ может быть сужена, и тем самым значительно повышена чувствительность без увеличения общего времени измерения.



## Измерения параметров антенн в дальней зоне (продолжение)

Если вместо генераторов серии PSG допускается использовать усилители, можно воспользоваться преимуществами анализаторов цепей серий PNA/PNA-X в скорости перестройки частоты и минимизировать время переключения частоты для измерительных конфигураций дальней зоны. См. рисунок 6.

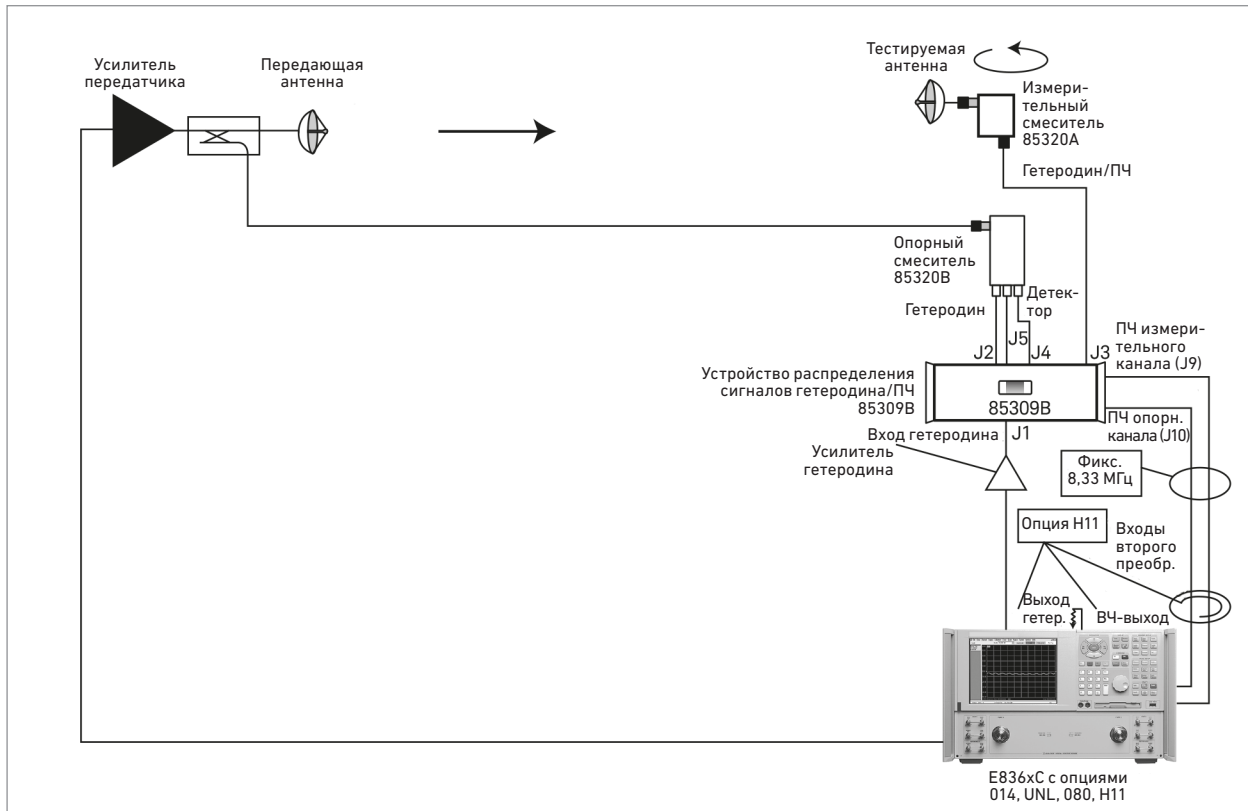


Рисунок 6. Конфигурация для антенных измерений в поле дальней зоны с использованием внутренних источников анализаторов цепей серии PNA, снятых с производства (E836xC), с опцией N11.

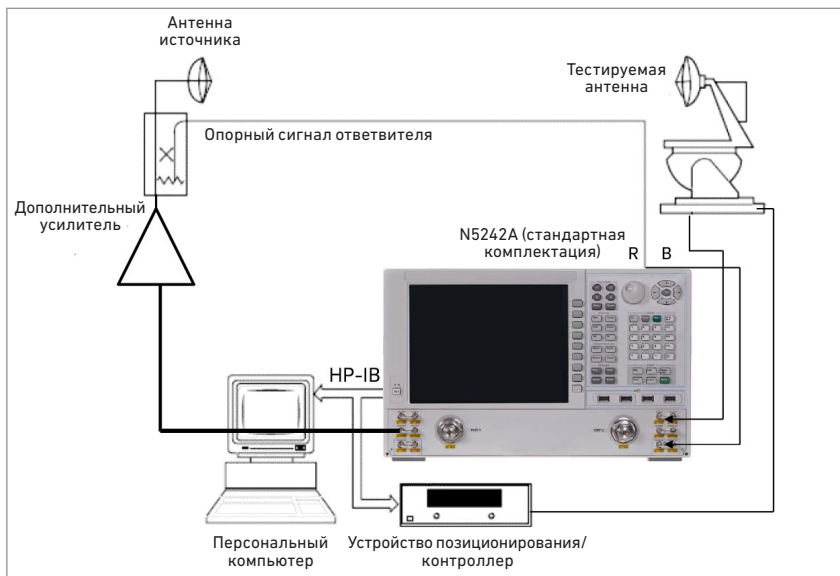


Рисунок 7. Конфигурация для антенных измерений в поле дальней зоны с использованием внутренних источников анализаторов цепей серии PNA-L с опцией 216, PNA с опцией 201, PNA-X в стандартной комплектации.

## Измерения эффективной площади рассеяния

Анализаторы цепей серии PNA обладают превосходной чувствительностью измерений, быстрой перестройкой частоты и высокой скоростью сбора данных, которые необходимы для измерений эффективной площади рассеивания (ЭПР). Превосходная чувствительность измерений обеспечивается основанной на смесителях технологией преобразования с понижением частоты; быстрая перестройка частоты достигается за счёт расположения источника и приёмника в одном приборе. Выбираемые пользователем полосы ПЧ, в пределах от 1 Гц до 40 кГц, позволяют удовлетворять конкретным требованиям измерений за счёт оптимизации на основе компромиссного выбора между полосой частот и скоростью измерений.

При измерениях ЭПР для компенсации потерь в слабо отражающем объекте и при распространении сигнала в двух направлениях часто используют импульсы большой мощности. Для таких измерений, как правило, требуется временной селектор в приёмнике с целью предотвращения его перегрузки во время передачи импульсного ВЧ-сигнала. На рисунке 8 показан пример схемы временного селектора, которая может быть легко добавлена в систему измерения ЭПР, если требуется аппаратная реализация временного селектора для обработки импульсов.

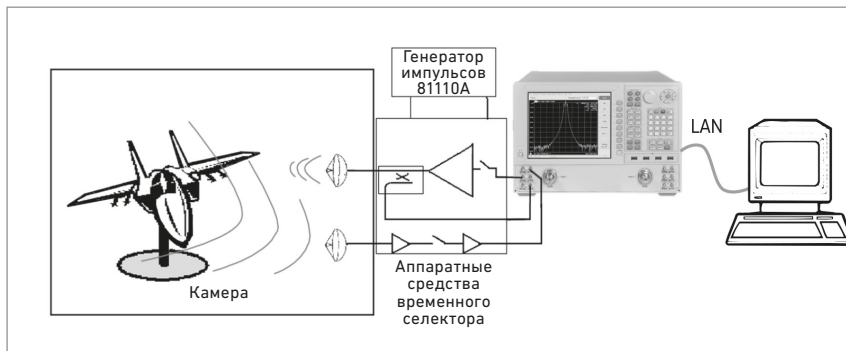


Рисунок 8. Типовая конфигурация системы измерения ЭПР с использованием анализатора цепей серии PNA с опцией 201 или серии PNA-X.

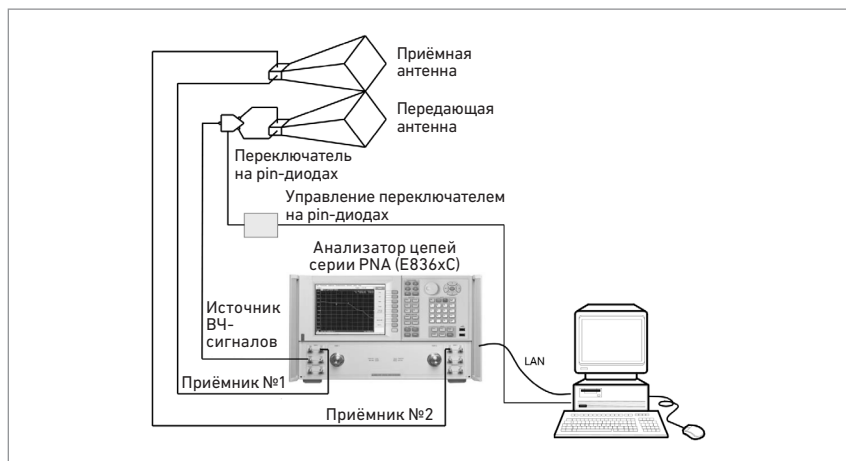


Рисунок 9. Типовая конфигурация системы измерения ЭПР с использованием анализатора цепей серии PNA, снятого с производства (E836xC). Также могут быть использованы анализаторы цепей серии PNA-L с опцией 216, PNA с опцией 201 или PNA-X.

При измерении ЭПР особенно полезными являются несколько дополнительных функциональных свойств прибора серии PNA.

- Наличие источника и приёмника, интегрированных в одном приборе, и возможность выбора диапазона частот прибора весьма значительно снижают затраты при решении задач измерения ЭПР.
  - Измеренная характеристика может содержать до 100000 точек данных (PNA-X) или до 20001 точек данных (PNA). Это обеспечивает возможность проведения измерений ЭПР, свободных от наложения сигналов, в течение очень длительных интервалов времени с высокой разрешающей способностью.
  - Анализатор цепей серии PNA имеет съёмный накопитель на жёстких магнитных дисках для защиты конфиденциальных данных.
- Подробная информация приведена в приложении 1 на странице 74.

## Диапазонные измерения в миллиметровом диапазоне

С версией микропрограммного обеспечения A.04.00 и выше СВЧ-анализаторы цепей E836x серии PNA способны работать с диапазонными модулями миллиметрового диапазона, расширяя диапазон частот анализатора цепей до 500 ГГц. Кроме того, заказчик может создать наиболее эффективное техническое решение непосредственно для своей задачи, приобретая модуль только для того диапазона частот, который требуется. На рисунке 6 показана типовая конфигурация измерительной системы миллиметрового диапазона.

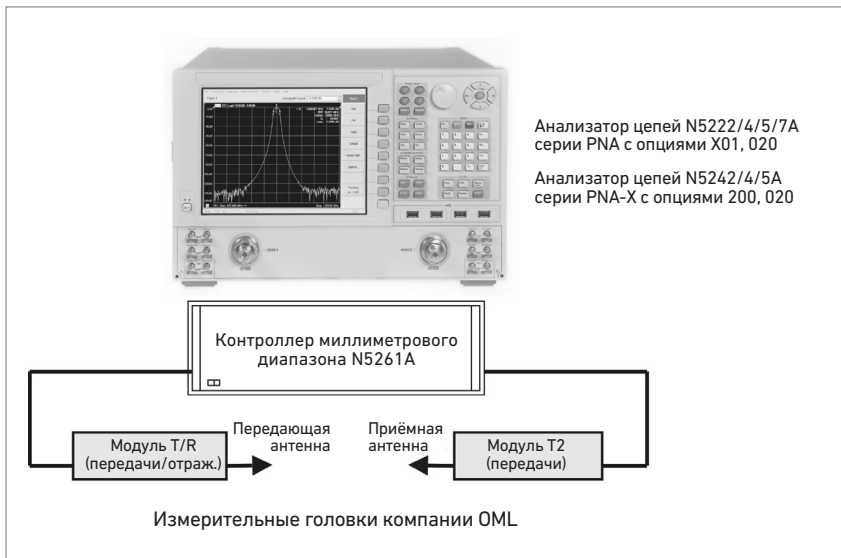


Рисунок 10. Типовая конфигурация измерительной системы миллиметрового диапазона с использованием анализатора цепей серии PNA-X и контроллера миллиметрового диапазона компании Keysight, а также модулей миллиметрового диапазона компании Oleson Microwave Laboratory (OML).

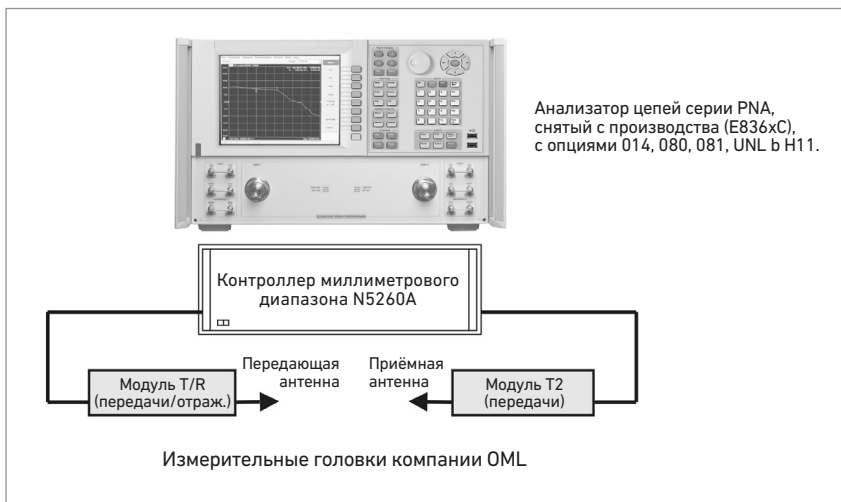


Рисунок 11. Типовая конфигурация измерительной системы миллиметрового диапазона с использованием анализатора цепей серии PNA и контроллера миллиметрового диапазона компании Keysight, а также модулей миллиметрового диапазона компании Oleson Microwave Laboratory (OML).

Примечание: для получения самой последней информации см. брошюру “Анализаторы цепей миллиметрового диапазона от 10 МГц до 110 ГГц с возможностью расширения до 1,1 ТГц компании Keysight. Технический обзор”, номер публикации 5989-7620RURU.

## Конфигурирование широкополосного технического решения

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

Конфигурирование технического решения с одним циклом свипирования с использованием отдельных компонентов системы легко выполнить, выбрав по одному компоненту в каждой из следующих групп:

1. Анализатор цепей серии PNA с конфигурируемым измерительным блоком или анализатор цепей серии PNA-X с диапазоном частот до 67 ГГц
2. Контроллер миллиметрового диапазона N5261A (2 порта) или N5262A (4 порта)
3. Набор расширителей частотного диапазона от 67 до 110 ГГц N5250CX10

В следующей таблице приведён список доступных для выбора компонентов системы при создании технического решения 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

Продукт/опции	Описание
<b>Анализатор цепей PNA-X/PNA с диапазоном частот до 67 ГГц<sup>1</sup></b>	
N5227A -201/219 или N5247A-200	PNA-X или PNA с конфигурируемым измерительным блоком, 2 порта, один источник, от 10 МГц до 67 ГГц
N5227A-401/419 или N5247A-400	PNA-X или PNA с конфигурируемым измерительным блоком, 4 порта, два источника
N5227A-020 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 PNA/PNA-X, базовая конфигурация
N5261A-112, требуется	Набор кабелей с соединителями 1,85 мм для подключения к 2-портовому PNA/PNA-X N5247A
<b>Требуется выбрать по одному из следующих наборов соединительных кабелей для каждого модуля.</b>	
N5261A-501	Один набор (1-портовый) кабелей трактов ВЧ, гетеродина, питания постоянного тока и ПЧ для подключения к одному модулю передачи/отражения (T/R) миллиметрового диапазона длиной 48 дюймов (122 см)
N5261A-502	Один набор (1-портовый) кабелей трактов РЧ, гетеродина, питания постоянного тока и ПЧ для подключения к одному модулю передачи/отражения (T/R) миллиметрового диапазона длиной 2 м
N5261A-503	Один набор (1-портовый) кабелей трактов РЧ, гетеродина, питания постоянного тока и ПЧ для подключения к одному модулю передачи/отражения (T/R) миллиметрового диапазона длиной 3 м
N5261A-505	Один набор (1-портовый) кабелей трактов РЧ, гетеродина, питания постоянного тока и ПЧ для подключения к одному модулю передачи/отражения (T/R) миллиметрового диапазона длиной 5 м <sup>4</sup>
<b>4-портовый контроллер миллиметрового диапазона<sup>3</sup></b>	
N5262A	4-портовый контроллер миллиметрового диапазона для PNA/PNA-X, базовая конфигурация
N5262A-114, требуется	Набор кабелей с соединителями 1,85 мм для подключения к 4-портовому PNA/PNA-X N5247A
<b>Требуется выбрать по одному из следующих наборов соединительных кабелей для каждого модуля</b>	
N5262A-501	Один набор кабелей трактов ВЧ, гетеродина, питания постоянного тока и ПЧ для подключения к одному модулю передачи/отражения (T/R) миллиметрового диапазона длиной 48 дюймов (122 см)
N5262A-502	Один набор кабелей трактов ВЧ, гетеродина, питания постоянного тока и ПЧ для подключения к одному модулю передачи/отражения (T/R) миллиметрового диапазона длиной 2 м
N5262A-503	Один набор кабелей трактов РЧ, гетеродина, питания постоянного тока и ПЧ для подключения к одному модулю передачи/отражения (T/R) миллиметрового диапазона длиной 3 м
N5262A-505	Один набор кабелей трактов РЧ, гетеродина, питания постоянного тока и ПЧ для подключения к одному модулю передачи/отражения (T/R) миллиметрового диапазона длиной 5 м <sup>4</sup>

## Конфигурирование широкополосного технического решения

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

Продукт/опции	Описание
<b>Модули расширения диапазона частот в область миллиметровых длин волн</b>	
N5250CX10-L05	От 67 до 110 ГГц, левый модуль T/R и плата сумматора с соединителями 1,00 мм без настраиваемого аттенюатора или цепей подачи смещения
N5250CX10-L10	От 67 до 110 ГГц, левый модуль T/R и плата сумматора с соединителями 1,00 мм с настраиваемым аттенюатором и без цепей подачи смещения
N5250CX10-L15	От 67 до 110 ГГц, левый модуль T/R и плата сумматора с соединителями 1,00 мм с цепями подачи смещения и без настраиваемого аттенюатора
N5250CX10-L20	От 67 до 110 ГГц, левый модуль T/R и плата сумматора с соединителями 1,00 мм с настраиваемым аттенюатором и цепями подачи смещения
N5250CX10-R10	От 67 до 110 ГГц, правый модуль T/R и плата сумматора с соединителями 1,00 мм без настраиваемого аттенюатора или цепей подачи смещения
N5250CX10-R15	От 67 до 110 ГГц, правый модуль T/R и плата сумматора с соединителями 1,00 мм с настраиваемым аттенюатором и без цепей подачи смещения
N5250CX10-R20	От 67 до 110 ГГц, правый модуль T/R и плата сумматора с соединителями 1,00 мм с цепями подачи смещения и без настраиваемого аттенюатора
N5250CX10-R30	От 67 до 110 ГГц, правый модуль T/R и плата сумматора с соединителями 1,00 мм с настраиваемым аттенюатором и цепями подачи смещения

### Примечания

- Из опций PNA/PNA-X выбрать либо 2-портовую опцию для 2-портовой конфигурации, либо 4-портовую опцию для 4-портовой конфигурации технического решения до 110 ГГц.
- Опция 020 - требуемая опция, позволяющая непосредственное подключение к тракту ПЧ на задней панели анализатора цепей PNA/PNA-X.
- Контроллер миллиметрового диапазона поставляется с кабелями и комплектом фиксирующих опор задней панели для сопряжения с анализатором цепей PNA/PNA-X, если выбрана опция 112 или 114.
- При выборе опции 505 потребуются внешние усилители ВЧ-сигнала и сигнала гетеродина из-за потерь в кабеле, составляющих около 6,6 дБ.
- Цели подачи смещения Кельвина имеют максимально допустимое напряжение, равное 40 В, и максимальное значение силы тока 0,5 А.

## Опции измерительных приложений

Ниже приведён список опций измерительных приложений, которые поддерживаются конфигурациями базового технического решения N5251A или решениями, которые индивидуально конфигурируются с использованием отдельных компонентов системы на базе анализаторов цепей PNA/PNA-X. Эти опции измерительных приложений поддерживаются во всём диапазоне частот от 10 МГц до 110 ГГц и требуются, если используется анализатор цепей N5227A серии PNA или N5247A серии PNA-X.

Опции	Поддерживаемые опции
010	Измерения во временной области
082	Измерение параметров преобразователей частоты со скалярной калибровкой
083	Измерение параметров преобразователей частоты с векторной и скалярной калибровкой
460	Приложение для измерения с использованием истинных дифференциальных сигналов стимулов
087	Приложение для измерения интермодуляционных искажений
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 четырёх внутренних импульсных генераторов
118	Режим свипирования Fast CW

Для получения информации о дополнительных опциях измерительных приложений, которые в настоящее время поддерживаются только моделями анализаторов цепей с диапазоном частот до 67 ГГц (N5227A или N5247A), пожалуйста, обращайтесь к руководству по комплектованию анализаторов цепей компании Keysight, номер публикации 5990-7745EN.

## Принадлежности

### Принадлежности для калибровки измерений S-параметров

Пожалуйста, обращайтесь к боковой врезке для получения более подробной информации о доступных кабелях измерительных портов с соединителями 1,0 мм. Рекомендуется для получения точных измерений S-параметров на порте с соединителем 1,0 мм использовать калибровочный набор 85059A. В случае калибровки при измерениях на пластине компания Cascade Microtech предлагает полный спектр калибровочных мер, выполненных в виде калибровочных подложек (ISS) для полной калибровки S-параметров на пластине.

### Принадлежности для калибровки измерений мощности источника

При калибровке мощности источника на измерительном порте рекомендуется для полного перекрытия диапазона частот от 10 МГц до 110 ГГц использовать три преобразователя (датчика) мощности. Кроме того, при калибровке мощности в дополнение к рекомендованным преобразователям мощности требуется набор переходов для сопряжения с калибровочным портом, имеющим соединитель 1,0 мм.

Номер продукта	Описание	Требования
N8487A	Термопарный преобразователь мощности до 50 ГГц	Требуется для калибровки мощности в полосе частот от 10 МГц до 50 ГГц
11921F	Переход: 1,0 мм (розетка) - 1,85 мм (розетка), от 0 до 67 ГГц	Требуется для подключения N8487A к измерительному порту с соединителем 1,0 мм (вилка)
V8486A	Преобразователь мощности V-диапазона, от 50 до 75 ГГц	Требуется для калибровки мощности в полосе частот от 50 до 75 ГГц
V281C	КВП: волновод V-диапазона - 1,0 мм (розетка)	Требуется для подключения V8486A к измерительному порту с соединителем 1,0 мм (вилка)
W8486A	Преобразователь мощности W-диапазона, от 75 до 110 ГГц	Требуется для калибровки мощности в полосе частот от 75 до 110 ГГц
W281C	КВП: волновод W-диапазона - 1,0 мм (розетка)	Требуется для подключения W8486A к измерительному порту с соединителем 1,0 мм (вилка)
N1914A	Двухканальный измеритель мощности	Требуется два измерителя мощности; это позволит сконфигурировать все три преобразователя мощности для проведения измерения
11730A	Кабель преобразователя мощности	Требуется 3 кабеля, чтобы подключить каждый из преобразователей мощности к двум измерителям мощности N1914A
10833A	Кабель GPIB	Требуется для подключения двух измерителей мощности к PNA/PNA-X

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

Следующие принадлежности доступны для использования с системой N5250C, но не включены в её комплект поставки.

- 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)<sup>1</sup>
- 11500K 11500K Кабель измерительного порта с соединителями 1,0 мм (вилка - розетка) (20,0 см)<sup>1</sup>
- 11500L Кабель измерительного порта с соединителями 1,0 мм (вилка - розетка) (24,0 см)<sup>1</sup>
- 85059A Прецизионный калибровочный/ верификационный набор: 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 Переход: 1,0 мм (вилка) - 1,0 мм (вилка)
- 11920B Переход: 1,0 мм (розетка) - 1,0 мм (розетка)
- 11920C Переход: 1,0 мм (вилка) - 1,0 мм (розетка)
- 11921E Переход: 1,0 мм (вилка) - 1,852 мм (вилка)
- 11921F Переход: 1,0 мм (розетка) - 1,852 мм (розетка)
- 11921G Переход: 1,0 мм (вилка) - 1,852 мм (розетка)
- 11921H Переход: 1,0 мм (розетка) - 1,852 мм (вилка)
- 11922A Переход: 1,0 мм (вилка) - 2,4 мм (вилка)
- 11922B Переход: 1,0 мм (розетка) - 2,4 мм (розетка)
- 11922C Переход: 1,0 мм (вилка) - 2,4 мм (розетка)
- 11922D Переход: 1,0 мм (розетка) - 2,4 мм (вилка)
- 11923A Переходный узел с соединителем 1,0 мм (розетка)

## Конфигурирование диапазонного технического решения

Конфигурирование диапазонного технического решения сходно с конфигурированием широкополосного технического решения с одним циклом свипирования, когда используются отдельные компоненты. При поддержке нескольких расширителей частотного диапазона и опций векторного анализатора цепей технические решения для миллиметрового диапазона частот предлагают лидирующие в отрасли гибкость и возможности расширения для измерений на частотах до 1,1 ТГц.

При конфигурировании базовых аппаратных средств для конкретного технического решения выбрать следующие три компонента:

1. Анализатор цепей с высокими характеристиками, сконфигурированный для поддержки либо контроллера миллиметрового диапазона, либо непосредственного подключения расширителей частотного диапазона.
2. 2- или 4-портовый контроллер миллиметрового диапазона; не требуется для непосредственного подключения.
3. Выбрать необходимые расширители частотного диапазона для требуемого перекрытия по частоте.

## Поддерживаемые конфигурации PNA и PNA-X для диапазонных волноводных расширителей частотного диапазона

Модель продукта	Описание	Минимальный набор опций, требуемый для подключения контроллера миллиметрового диапазона	Минимальный набор опций, требуемый для непосредственного подключения к анализатору цепей PNA	Минимальный набор опций, требуемый для непосредственного подключения к анализаторам цепей PNA-X
N5222A или N5242A	2-портовый анализатор цепей PNA или PNA-X с диапазоном частот до 26,5 ГГц	Опция 020	Не поддерживается	Опция 200 или 200/219 и опция 080 с опцией 224
N5222A или N5242A	4-портовый анализатор цепей PNA или PNA-X с диапазоном частот до 26,5 ГГц	Опция 020	Требуется опция 080 и опция 401, либо 417, либо 419 для N5222A	Опция 400 или 400/419 и опция 080
N5224A или N5244A	2-портовый анализатор цепей PNA или PNA-X с диапазоном частот до 43,5 ГГц	Опция 020	Не поддерживается	Опция 200 или 200/219 и опция 080 с опцией 224
N5224A или N5244A	4-портовый анализатор цепей PNA или PNA-X с диапазоном частот до 43,5 ГГц	Опция 020	Требуется опция 080 и опция 401, либо 417, либо 419 для N5224A	Опция 400 или 400/419 и опция 080
N5225A или N5245A	2-портовый анализатор цепей PNA или PNA-X с диапазоном частот до 50 ГГц	Опция 020	Не поддерживается	Опция 200 или 200/219 и опция 080 с опцией 224
N5225A или N5245A	4-портовый анализатор цепей PNA или PNA-X с диапазоном частот до 50 ГГц	Опция 020	Требуется опция 080 и опция 401, либо 417, либо 419 для N5225A	Опция 400 или 400/419 и опция 080
N5227A или N5247A	2-портовый анализатор цепей PNA или PNA-X с диапазоном частот до 67 ГГц	Опция 020	Не поддерживается	Опция 200 или 200/219 и опция 080 с опцией 224
N5227A или N5247A	4-портовый анализатор цепей PNA или PNA-X с диапазоном частот до 67 ГГц	Опция 020	Требуется опция 080 и опция 401, либо 417, либо 419 для N5227A	Опция 400 или 400/419 и опция 080

## Конфигурирование диапазонного технического решения

### Контроллеры миллиметрового диапазона для диапазонных технических решений и широкополосных технических решений для измерений за один цикл свипирования

#### 2-портовый контроллер миллиметрового диапазона N5261A для конфигурации на базе PNA/PNA-X

N5261A-102	Набор кабелей с соединителями 3,5 мм для подключения к 2-портовому анализатору цепей N5222A или N5242A
N5261A-104	Набор кабелей с соединителями 3,5 мм для подключения к 4-портовому анализатору цепей N5222A или N5242A
N5261A-106	Набор кабелей с соединителями 2,4 мм для подключения к 2-портовому анализатору цепей N5224A/N5225A или N5244A/N5245A
N5261A-108	Набор кабелей с соединителями 2,4 мм для подключения к 4-портовому анализатору цепей N5224A/N5225A или N5244A/N5245A

N5261A-112	Набор кабелей с соединителями 1,85 мм для подключения к 2-портовому анализатору N5227A или N5247A
------------	---

#### 4-портовый контроллер миллиметрового диапазона N5262A для конфигурации на базе PNA/PNA-X

N5262A-104	Набор кабелей с соединителями 3,5 мм для подключения к 4-портовому анализатору цепей N5222A или N5242A
N5262A-108	Набор кабелей с соединителями 2,4 мм для подключения к 4-портовому анализатору цепей N5224A/N5225A или N5244A/N5245A
N5262A-114	Набор кабелей с соединителями 1,85 мм для подключения к 4-портовому анализатору N5227A или N5247A

#### Примечания

1. Имеется несколько опций кабелей, обеспечивающих подключение N5261A и N5262A к модулям передачи/отражения (T/R) расширения частотного диапазона компании OML Inc. (см. подраздел, содержащий описание этих опций на странице 25).
2. При использовании 4-портового контроллера N5262A с 2-портовым анализатором цепей PNA/PNA-X будут поддерживаться только 2-портовые диапазонные измерения.

### Модули расширения частотного диапазона в область миллиметровых длин волн

Для заказа имеется несколько доступных модулей, другие специализированные опции могут быть сконфигурированы по запросу. Выберите соответствующее количество модулей, требуемых для измерительной установки. Для запроса специализированных измерительных модулей следует обращаться в ближайшее представительство компании Keysight.

Одноканальные и двухканальные приёмные модули используются для измерения параметров антенн или однопортовых измерений S-параметров.

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

Волноводный фланец	Диапазон частот, ГГц	Стандартные модули T/R	Модули T/R с механическим аттенуатором 25 дБ	Модули T/R с усилителями ВЧ/гетеродина 15 дБ <sup>1</sup>
WR15	От 50 до 75	N5256AW15 - STD	N5256AW15 - 001	N5256AW15 - 002
WR12	От 60 до 90	N5256AW12 - STD	N5256AW12 - 001	N5256AW12 - 002
WR10	От 75 до 110	N5256AW10 - STD	N5256AW10 - 001	N5256AW10 - 002
WR08	От 90 до 140	N5256AW08 - STD	N5256AW08 - 001	N5256AW08 - 002
WR06	От 110 до 170	N5256AW06 - STD	N5256AW06 - 001	N5256AW06 - 002
WR05	От 140 до 220	N5256AW05 - STD	N5256AW05 - 001	N5256AW05 - 002
WR03	От 220 до 325	N5256AW03 - STD	N5256AW03 - 001	N5256AW03 - 002
WR02.2	От 325 до 500	N5256AW02 - STD	Недоступен	N5256AW02 - 002 <sup>2</sup>
Extended WR12	От 56 до 94	N5256AX12 - STD	N5256AX12 - 001	Доступен по запросу

1. Необходимо заметить, что модули с усилителями ВЧ/гетеродина предназначены только для измерений параметров антенн, которые учитывают потери в кабеле 15 дБ при передаче сигнала к модулю от порта используемого контроллера миллиметрового диапазона. Не следует подключать модули непосредственно к порту контроллера миллиметрового диапазона с помощью стандартного кабеля длиной 122 см. Если такое подключение необходимо, следует использовать фиксированный аттенуатор 15 дБ.
2. Для этих модулей требуется внешний источник питания постоянного тока (например, U8001A) при их использовании с N5260A.
3. Если требуются модули передачи/отражения как с механическим аттенуатором 25 дБ, так и с усилителями ВЧ/гетеродина 15 дБ, их следует заказывать под номером N5256AWxx-003. Это недоступно для N5256AW02.

### Модули T/R для измерения интермодуляционных искажений (IMD-модули) (OML Inc.)

Волноводный фланец	Диапазон частот, ГГц	Номер продукта IMD-модуля
WR12	От 60 до 90	N5256AW12-IMD
Extended WR12	От 56 до 94	N5256AX12-IMD
WR10	От 75 до 110	N5256AW10-IMD

#### Примечания

1. Следует заметить, что вышеприведённые модули могут применяться для измерения интермодуляционных искажений при использовании класса измерений, предоставляемых опцией 087 для PNA-X.
2. В настоящее время только для диапазонных технических решений.
3. Вышеприведённая опция требует использования 4-портового контроллера N5262A.
4. Доступ к измерениям интермодуляционных искажений в миллиметровом диапазоне требует апгрейда до Windows 7.0.
5. Требуется набор кабелей N5260A-501 и дополнительный ВЧ-кабель, 20 ГГц, 3,5 мм (вилка-вилка) для подсоединения второго источника. Этот дополнительный кабель можно заказать, используя кодовый номер 8121-1221.



## Конфигурирование диапазонного технического решения

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

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

### Кабели для диапазонных модулей миллиметрового диапазона компании OML Inc. - только для непосредственного подключения

Номер модели	Описание
N5260AK48	Набор кабелей длиной 4 фута (122 см) (тракты ВЧ, гетеродина, ПЧ, смещения + переходы) для непосредственного подключения головок передачи/отражения миллиметрового диапазона к N5224A, N5225A, N5227A или N5244A, N5245A, N5247A
N5260AK50	Набор кабелей длиной 4 фута (122 см) (тракты РЧ, гетеродина, ПЧ, смещения) для непосредственного подключения головок передачи/отражения миллиметрового диапазона к N5222A или N5242A
N5260AK51	Набор кабелей длиной 4 фута (122 см) (тракты гетеродина, ПЧ, смещения) для непосредственного подключения головок передачи/отражения миллиметрового диапазона только к N5222A или N5242A

#### Примечание

При конфигурировании модулей расширения частотного диапазона компании OML Inc. для непосредственного подключения, пожалуйста, включите в конфигурацию источники питания 12 В, 1,3 А (например, U8001A компании Keysight). Для каждого модуля расширения частотного диапазона, используемого для непосредственного подключения, потребуется один источник питания.

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

Выберите одну из опций набора кабелей для каждого модуля, подключаемого к контроллеру.

#### Техническое решение на базе N5261A и модулей компании OML

Опция кабеля	Описание
N5261A-501	Один набор (1-портовый) кабелей трактов ВЧ, гетеродина, питания постоянного тока и ПЧ для подключения к одному модулю передачи/отражения (T/R) миллиметрового диапазона длиной 48 дюймов (122 см)
N5261A-502	Один набор (1-портовый) кабелей трактов ВЧ, гетеродина, питания постоянного тока и ПЧ для подключения к одному модулю передачи/отражения (T/R) миллиметрового диапазона длиной 2 м
N5261A-503	Один набор (1-портовый) кабелей трактов ВЧ, гетеродина, питания постоянного тока и ПЧ для подключения к одному модулю передачи/отражения (T/R) миллиметрового диапазона длиной 3 м
N5261A-505	Один набор (1-портовый) кабелей трактов ВЧ, гетеродина, питания постоянного тока и ПЧ для подключения к одному модулю передачи/отражения (T/R) миллиметрового диапазона длиной 5 м

#### Техническое решение на базе N5262A и модулей компании OML

Опция кабеля	Описание
N5262A-501	Один набор кабелей трактов ВЧ, гетеродина, питания постоянного тока и ПЧ для подключения к одному модулю передачи/отражения (T/R) миллиметрового диапазона длиной 48 дюймов (122 см)
N5262A-502	Один набор кабелей трактов ВЧ, гетеродина, питания постоянного тока и ПЧ для подключения к одному модулю передачи/отражения (T/R) миллиметрового диапазона длиной 2 м
N5262A-503	Один набор кабелей трактов ВЧ, гетеродина, питания постоянного тока и ПЧ для подключения к одному модулю передачи/отражения (T/R) миллиметрового диапазона длиной 3 м
N5262A-505	Один набор кабелей трактов ВЧ, гетеродина, питания постоянного тока и ПЧ для подключения к одному модулю передачи/отражения (T/R) миллиметрового диапазона длиной 5 м

Примечание: другие специализированные опции кабелей также доступны по запросу.

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

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

## Конфигурирование диапазонного технического решения

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

Волноводный фланец	Диапазон частот, ГГц	Калибровочный набор
WR15	От 50 до 75	V11644A
WR12	От 60 до 90	N5260AC12
WR10	От 75 до 110	W11644A
WR08	От 90 до 140	N5260AC08
WR06	От 110 до 170	N5260AC06
WR05	От 140 до 220	N5260AC05
WR03	От 220 до 325	N5260AC03
WR02.2	От 325 до 500	N5260AC02
Extended WR12	От 56 до 94	N5260AC12

### Диапазонные волноводные модули передачи/отражения (Tx/Rx) (Virginia Diodes Inc.)

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

#### Примечания

- Каждый номер продукта подразумевает поставку одного модуля расширения частотного диапазона, который поддерживает все анализаторы цепей серий PNA/PNA-X и измерительные блоки.
- Добавьте требуемые источник питания и опции кабелей для расширения частотного диапазона.
- Для 2-портовых измерений полного набора S-параметров заказать 2 модуля передачи/отражения из приведённых выше.
- При использовании с контроллером миллиметрового диапазона N5261A или N5262A добавьте источник питания и опции кабелей.
- Модули расширения частотного диапазона WR1.5 с опциями 700/701 не поддерживаются для использования с N5261A/62A.

### Диапазонные волноводные модули, предназначенные только для приёма (Rx) (Virginia Diodes Inc.)

Волноводный фланец	Диапазон частот, ГГц	Стандартные модули, предназначенные только для приёма	Высококочувствительные модули, предназначенные только для приёма, с внешним фиксированным аттенуатором
WR15	От 50 до 75	N5262AR15-700	N5262AR15-701
WR10	От 75 до 110	N5262AR10-700	N5262AR10-701
WR8.0	От 90 до 140	N5262AR08-700	N5262AR08-701
WR6.0	От 110 до 170	N5262AR06-700	N5262AR06-701
WR5.1	От 140 до 220	N5262AR05-700	N5262AR05-701
WR3.4	От 220 до 325	N5262AR03-700	N5262AR03-701
WR2.2	От 325 до 500	N5262AR02-700	N5262AR02-701
WR1.5	От 500 до 750	N5256AR01-700	N5256AR01-701
WR1.0	От 750 до 1100	N5262AW01-700	Недоступен

#### Примечания

- Каждый номер продукта подразумевает поставку только одного модуля расширения частотного диапазона.
- Добавьте требуемые источник питания и опции кабелей во время заказа.
- В таблице выше приведены только модули приёмников, и для обеспечения возможности 2-портовых измерений S-параметров в одном тракте требуется модуль Tx/Rx.
- При использовании с контроллером миллиметрового диапазона N5261A или N5262A добавьте источник питания и опции кабелей.
- Модули расширения частотного диапазона WR1.5 с опциями 700/701 не поддерживаются для использования с N5261A/62A.

## Конфигурирование диапазонного технического решения

### Опции кабелей (Virginia Diodes Inc.)

Опции кабелей	Описание
N5262AWCBL-N01	Поставка модулей Tx/Rx с опцией 700 или 701 без кабелей, предназначены для использования с набором кабелей длиной 1,2 м.
N5262AWCBL-N05	Поставка модулей Tx/Rx с опцией 700 или 701 без кабелей, предназначены для использования с набором кабелей длиной 5 м.
N5262AWCBL-701	Набор кабелей длиной 1,2 м для модулей Tx/Rx с опцией 700 или 701 для непосредственного подключения к PNA/PNA-X (43,5 ГГц или выше). Включает дополнительный ВЧ-кабель для работы в диапазоне частот до 50 ГГц. Для подключения к PNA (26,5 ГГц) или контроллеру предлагается набор переходов N5262AWADP-A01.
N5262AWCBL-705	Набор кабелей длиной 5 м для модулей Tx/Rx с опцией 700 или 701 для непосредственного подключения к измерительному блоку с ограничением по диапазону частот до < 26,5 ГГц. Для подключения к PNA (26,5 ГГц или > 43,5 ГГц) предлагается набор переходов N5262AWADP-A05.
N5262ARCBL-N01	Поставка модулей Rx с опцией 700 или 701, предназначены для использования с набором кабелей длиной 1,2 м.
N5262ARCBL-N05	Поставка модулей Rx с опцией 700 или 701, предназначены для использования с набором кабелей длиной 5 м.
N5262ARCBL-701	Набор кабелей длиной 1,2 м для модулей Rx с опцией 700 или 701 для непосредственного подключения к PNA/PNA-X (43,5 ГГц или выше). Для подключения к PNA (26,5 ГГц) и измерительному блоку предлагается набор переходов N5262ARADP-A01.
N5262ARCBL-705	Набор кабелей длиной 5 м для модулей Rx с опцией 700 или 701 для непосредственного подключения к измерительному блоку с ограничением по диапазону частот до < 26,5 ГГц. Для подключения к PNA (26,5 ГГц или > 43,5 ГГц) предлагается набор переходов N5262ARADP-A05.
N5262AWCBL-201	Набор кабелей длиной 1,2 м для модулей Tx/Rx с опцией 700 или 701 для непосредственного подключения к PNA/PNA-X (26,5 ГГц).
N5262AWCBL-205	Набор кабелей длиной 5 м для модулей Tx/Rx с опцией 700 или 701 для непосредственного подключения к PNA/PNA-X (>43,5 ГГц).
N5262AWCBL-401	Набор кабелей длиной 1,2 м для модулей Tx/Rx с опцией 700 или 701 для непосредственного подключения к PNA/PNA-X (43,5 ГГц или выше). НЕ ВКЛЮЧАЕТ ВЧ-кабель для работы в диапазоне частот до 50 ГГц.
N5262AWCBL-405	Набор кабелей длиной 5 м для модулей Tx/Rx с опцией 700 или 701 для непосредственного подключения к PNA/PNA-X (43,5 ГГц или выше) для работы с ограничением по диапазону частот до < 26,5 ГГц.
N5262AWCBL-501	Набор кабелей длиной 1,2 м для модулей Tx/Rx с опцией 700 или 701 для подключения к измерительному блоку.
N5262ARCBL-201	Набор кабелей длиной 1,2 м для модулей Rx с опцией 700 или 701 для непосредственного подключения к PNA/PNA-X (26,5 ГГц).
N5262ARCBL-205	Набор кабелей длиной 5 м для модулей Rx с опцией 700 или 701 для непосредственного подключения к PNA/PNA-X (>43,5 ГГц).
N5262ARCBL-401	Набор кабелей длиной 1,2 м для модулей Rx с опцией 700 или 701 для непосредственного подключения к PNA/PNA-X (43,5 ГГц или выше).
N5262ARCBL-405	Набор кабелей длиной 5 м для модулей Rx с опцией 700 или 701 для непосредственного подключения к PNA/PNA-X (43,5 ГГц или выше) для работы с ограничением по диапазону частот до < 26,5 ГГц.
N5262ARCBL- 501	Набор кабелей длиной 1,2 м для модулей Rx с опцией 700 или 701 для непосредственного подключения к измерительному блоку.

### Наборы переходов для использования с опциями кабелей N5262AWCBL-701 и N5262AWCBL-705

Опции наборов переходов	Описание
N5262AWADP-A01	Набор переходов для N5262AWCBL-701 для подключения к PNA (26,5 ГГц) или контроллеру
N5262AWADP-A05	Набор переходов для N5262AWCBL-705 для подключения к PNA (26,5 ГГц или >43,5 ГГц)
N5262ARADP-A01	Набор переходов для N5262ARCBL-701 для подключения к PNA (26,5 ГГц) или контроллеру
N5262ARADP-A05	Набор переходов для N5262ARCBL-705 для подключения к PNA (26,5 ГГц или >43,5 ГГц)

### Опция источника питания (Virginia Diodes Inc.)

Номер опции	Описание
N5262VDI-175	Источник питания VDI-175 для модулей VDI

Примечания

Должен заказываться с модулями N5262AWxx. См. таблицу выше для номеров опций продуктов.

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

Волноводный фланец	Диапазон частот, ГГц	Калибровочный набор
WR15	От 50 до 75	N5262AC15
WR12	От 60 до 90	N5262AC12
WR10	От 75 до 110	N5262AC10
WR8.0	От 90 до 140	N5262AC08
WR6.5	От 110 до 170	N5262AC06
WR5.1	От 140 до 220	N5262AC05
WR3.4	От 220 до 325	N5262AC03

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

Волноводный фланец	Диапазон частот, ГГц	Калибровочный набор
WR2.2	От 325 до 500	N5262AC02
WR1.5	От 500 до 750	N5260AC01
WR1.0	От 750 до 1,1 ТГц	N5262AC01

## Диапазонные волноводные мини-модули передачи/отражения (Tx/Rx) (Virginia Diodes Inc.)

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

### Примечания

1. Модули включает выбираемую опцию для использования с набором кабелей длиной 1,2 м (опция 120) или 5 м (опция 500).
2. Источник питания включён в комплект поставки каждого модуля.
3. Все модели совместимы с анализаторами цепей серий PNA/PNA-X или контроллером миллиметрового диапазона и имеют опции кабелей для непосредственного подключения или подключения к измерительному блоку.

## Диапазонные волноводные мини-модули, предназначенные только для приёма (Rx) (Virginia Diodes Inc.)

Волноводный фланец	Диапазон частот, ГГц	Стандартные модули, предназначенные только для приёма	Высокочувствительные модули, предназначенные только для приёма, с внешним фиксированным аттенуатором
WR15	От 47 до 77	N5262BR15-STD	N5262BR15-001
WR12	От 55 до 95	N5262BR12-STD	N5262BR12-001
WR10	От 67 до 110	N5262BR10-STD	N5262BR10-001

### Примечания

1. Высокочувствительные модули имеют такой же динамический диапазон. Уровни собственных шумов и точки насыщения понижены приблизительно на 25 дБ.
2. Модули включает выбираемую опцию для использования с набором кабелей длиной 1,2 м (опция 120) или 5 м (опция 500).
3. Источник питания включён в комплект поставки каждого модуля.
4. Все модели совместимы с анализаторами цепей серий PNA/PNA-X или контроллером миллиметрового диапазона и имеют опции кабелей для непосредственного подключения или подключения к измерительному блоку.

## Габаритные размеры волноводных модулей передачи/отражения (Tx/Rx) (Virginia Diodes Inc.)

Модуль	Ширина	Длина	Высота
Стандартные	5,0 дюймов (127 мм)	15,275 дюйма (388 мм), включая волноводный фланец: от WR1.5 до WR15. 10,25 дюйма (260,3 мм), включая волноводный фланец: WR1.0	3,5 дюйма (88,9 мм) (настройка ножек + 1,25 дюйма (31,7 мм))
Мини-модули	3,0 дюйма (76,2 мм)	10,8 дюйма (274,3 мм), включая волноводный фланец: от WR10 до WR15	2,35 дюйма (59,7 мм) (настройка ножек + 0,75 дюйма (19 мм))

## Таблица перевода обозначений волноводных модулей

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

Источник: стандарт IEEE для прямоугольных металлических волноводов и их интерфейсов для диапазона частот до 110 ГГц и выше — часть 1: диапазоны частот и габаритные размеры волноводов

## Описания опций

- Опции кабелей для модулей миллиметрового диапазона (для контроллеров миллиметрового диапазона N5261A и N5262A)
  - Опция 501: набор кабелей длиной 1,2 м для подключения модуля к контроллеру миллиметрового диапазона.
  - Опция 502: набор кабелей длиной 2 м для подключения модуля к контроллеру миллиметрового диапазона.
  - Опция 503: набор кабелей длиной 3 м для подключения модуля к контроллеру миллиметрового диапазона.
  - Опция 505: набор кабелей длиной 5 м для подключения модуля к контроллеру миллиметрового диапазона.
- Доступ к ПЧ (опция H11)
 

Обеспечивает аппаратные средства, позволяющие проводить измерения параметров антенн, измерения с усреднением на выбранном участке в пределах длительности импульса (Point-in-pulse) и широкополосные измерения в миллиметровом диапазоне до 110 ГГц. Для каждого из измерительных приёмников анализатора цепей серии PNA миллиметрового диапазона добавляются временной селектор ПЧ (активируется функцией измерений в импульсном режиме, опция 008) и внешние входы ПЧ. Кроме того, обеспечивается доступ к внутреннему источнику сигналов и источнику сигнала гетеродина анализатора цепей PNA для приложений с выносными смесителями. Для базовых измерений параметров антенн необходима только опция H11. Для измерений параметров антенн в импульсном режиме также требуется функция измерений в импульсном режиме (опция 008). Для широкополосных измерений до 110 ГГц также требуется контроллер миллиметрового диапазона N5260A.

  - Используйте внешний доступ к ПЧ для повышения чувствительности на величину до 20 дБ при измерениях параметров антенн в конфигурациях с выносными смесителями
  - Добавьте опцию 008 (функция измерения импульсных ВЧ-сигналов) для обеспечения расширенных возможностей измерений в импульсном режиме
  - Модернизируйте анализатор цепей E8361C с опций H11 до широкополосной (от 10 МГц до 110 ГГц) системы векторного анализа цепей посредством приобретения контроллера миллиметрового диапазона N5260A с опциями 110, 120 или 130.
- Измерения во временной области (опция 010)
 

Используется для просмотра прошедших через тестируемое устройство или отраженных от него откликов на определенный тестовый сигнал вдоль оси времени или расстояния.
- Конфигурируемый измерительный блок (опция 014)
 

Обеспечивает шесть кабельных перемычек передней панели. Эти перемычки обеспечивают доступ к цепям распространения сигналов (а) между выходом источника и входом опорного приёмника, (b) между выходом источника и прямым каналом направленного ответвителя и (c) между ответвлённым каналом направленного ответвителя и приёмником порта.
- Расширенный диапазон мощности и цепи подачи смещения (опция UNL)<sup>1</sup>

Один набор, включающий ступенчатый аттенюатор с ослаблением до 50 дБ и цепи подачи смещения, вставляется между источником и измерительным портом 1, а другой набор - между источником и измерительным портом 2.
- Смещение частоты (опция 080)<sup>1</sup>

Эта опция позволяет для анализаторов цепей СВЧ-диапазона серии PNA устанавливать частоту источника независимо от настройки приемников.

1. Эти опции применимы к E8361C и ограничены диапазоном частот до 67 ГГц.

- Коммутатор опорного приёмника (опция 081)  
Опция 081 добавляет твёрдотельный внутренний ВЧ-коммутатор передачи в тракте опорного приёмника R1. Этот коммутатор позволяет прибору легко переключаться между стандартными измерениями S-параметров (без смещения частоты) и измерениями со смещением частоты, такими как измерения относительной фазы или абсолютного группового времени запаздывания, которые требуют использования внешнего опорного смесителя.
- Приложение для измерения параметров преобразователей частоты (опция 083)<sup>1</sup>  
Приложение для измерения параметров преобразователей частоты добавляет интуитивно-понятный и простой в использовании интерфейс пользователя, выбор передовых методов калибровки, обеспечивающих исключительно высокую точность измерения амплитуды и фазы, и управление внешними источниками сигналов для использования в качестве гетеродинов.
- Добавление аттенюаторов приёмников (опция 016)<sup>1</sup>  
Ступенчатый аттенюатор 50 дБ добавляется между каждым измерительным портом и соответствующим приёмником этого порта.
- Функция измерения импульсных ВЧ-сигналов (опция 008)<sup>1</sup>  
Включает прикладную программу для установки и управления измерениями импульсных ВЧ-сигналов с возможностью измерений с усреднением на выбранном участке в пределах длительности импульса (Point-in-pulse). Эта программа устанавливает коэффициенты цифровых фильтров ПЧ анализатора цепей PNA миллиметрового диапазона для исключения нежелательных спектральных составляющих, открывает временные селекторы ПЧ, обеспечиваемые опцией доступа к ПЧ (опция H11) и управляет выбранными генераторами импульсов компании Keysight. Она может исполняться в PNA или на внешнем компьютере. Файл ".dll", содержащий алгоритмы фильтров ПЧ, включён для обеспечения автоматизации тестирования импульсных ВЧ-сигналов. Данная прикладная программа для измерений в импульсном режиме конфигурируется для работы с генератором импульсов серии 81110A компании Keysight. Для получения более подробной информации, относящейся к возможностям измерений в импульсном режиме с использованием анализаторов цепей серии PNA, обращайтесь на веб-сайт компании Keysight: [www.keysight.com/find/pna](http://www.keysight.com/find/pna) и загрузите руководство по комплектованию СВЧ-анализаторов цепей серии PNA для измерений в импульсном режиме, номер публикации 5989-7913EN.
- Комплект для монтажа в стойку без ручек (опция 1CM)  
Добавляет комплект для монтажа в стойку (5063-9217) и комплект направляющих (E3663AC) для использования без ручек..
- Комплект для монтажа в стойку с ручками (опция 1CP)  
Добавляет комплект для монтажа в стойку (5063-9237) и комплект направляющих (E3663AC) для использования с ранее заказанными ручками.

## Внешние синтезаторы

- Для диапазонов частот выше 220 ГГц можно добиться улучшения чувствительности до 20 дБ для конфигураций на базе анализатора цепей E836xC серии PNA с опцией H11. Для анализаторов цепей N524xA серии PNA-X и N522xA серии PNA внешние источники сигналов добавлять не требуется. Для изучения типовых характеристик, пожалуйста, обращайтесь к брошюре "Анализаторы цепей миллиметрового диапазона от 10 МГц до 110 ГГц с возможностью расширения до 1,1 ТГц компании Keysight. Технический обзор". Номер публикации 5989-7620EN.
- При установке приборов в стойку рекомендуется использовать выходные соединители, расположенные на задней панели приборов.

## Заказ внешних синтезаторов (не требуется для PNA-X)

- Требуется заказать два внешних синтезатора: один для использования в качестве источника ВЧ-сигнала и один - в качестве источника сигнала гетеродина. Мы рекомендуем использовать генераторы сигналов E8257D компании Keysight с опциями 520 и UNX.
- Для обеспечения доступа к E8257D с задней панели предлагается опция 1EM, которая перемещает все соединители с передней панели на заднюю.
- В случае добавления внешних синтезаторов потребуются также следующие кабели, которые можно заказать отдельно:
  - 5 кабелей с соединителями BNC (2 - для подключений сигналов 10 МГц и 3 - для подключений сигналов запуска)
  - 2 кабеля с соединителями 3,5 мм (11500 E/F, выбор конкретного кабеля зависит от измерительной установки и расстояния)
  - 2 кабеля GPIB (10833A, кабель GPIB, 1 м)

1. До 67 ГГц.

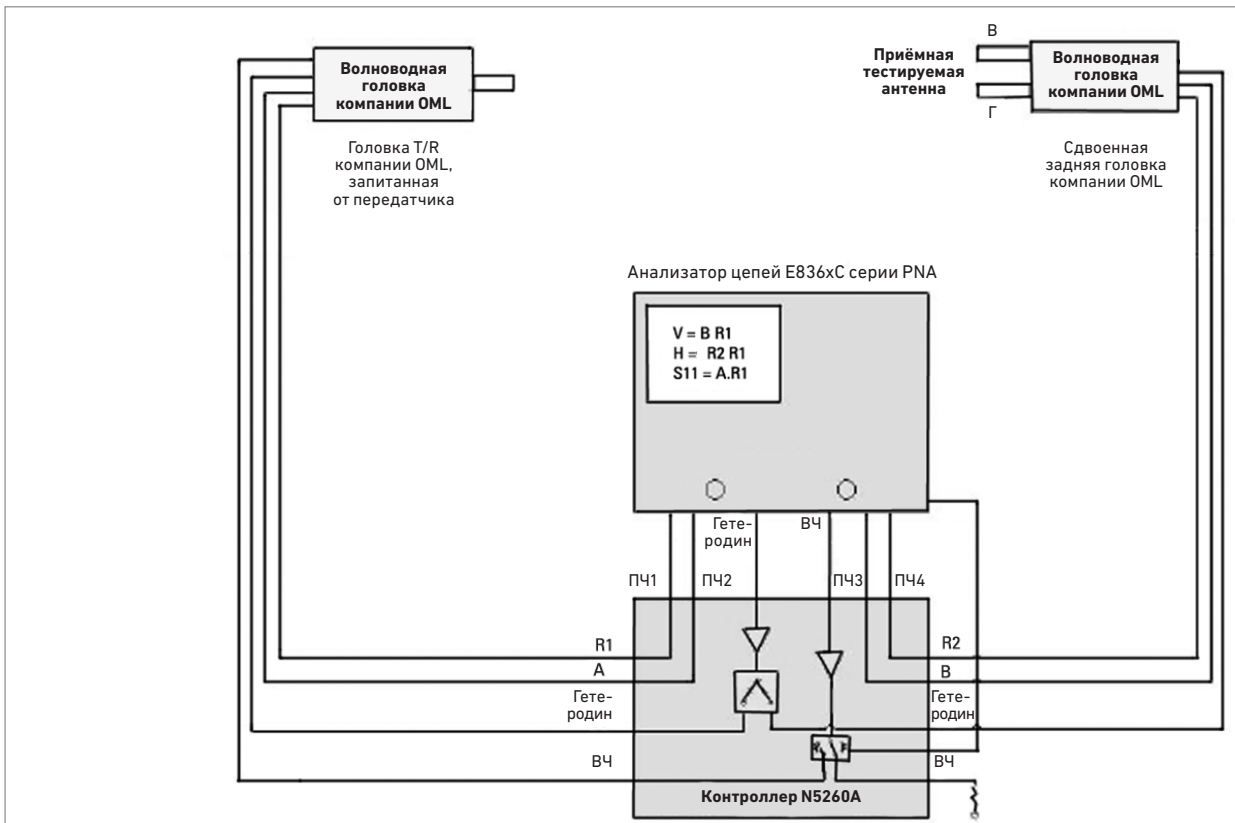


Рисунок 12. Типовая прикладная система для измерений параметров антенн в миллиметровом диапазоне, использующая анализатор цепей E836xC серии PNA с опциями 014, 080, 081, UNL и H11.

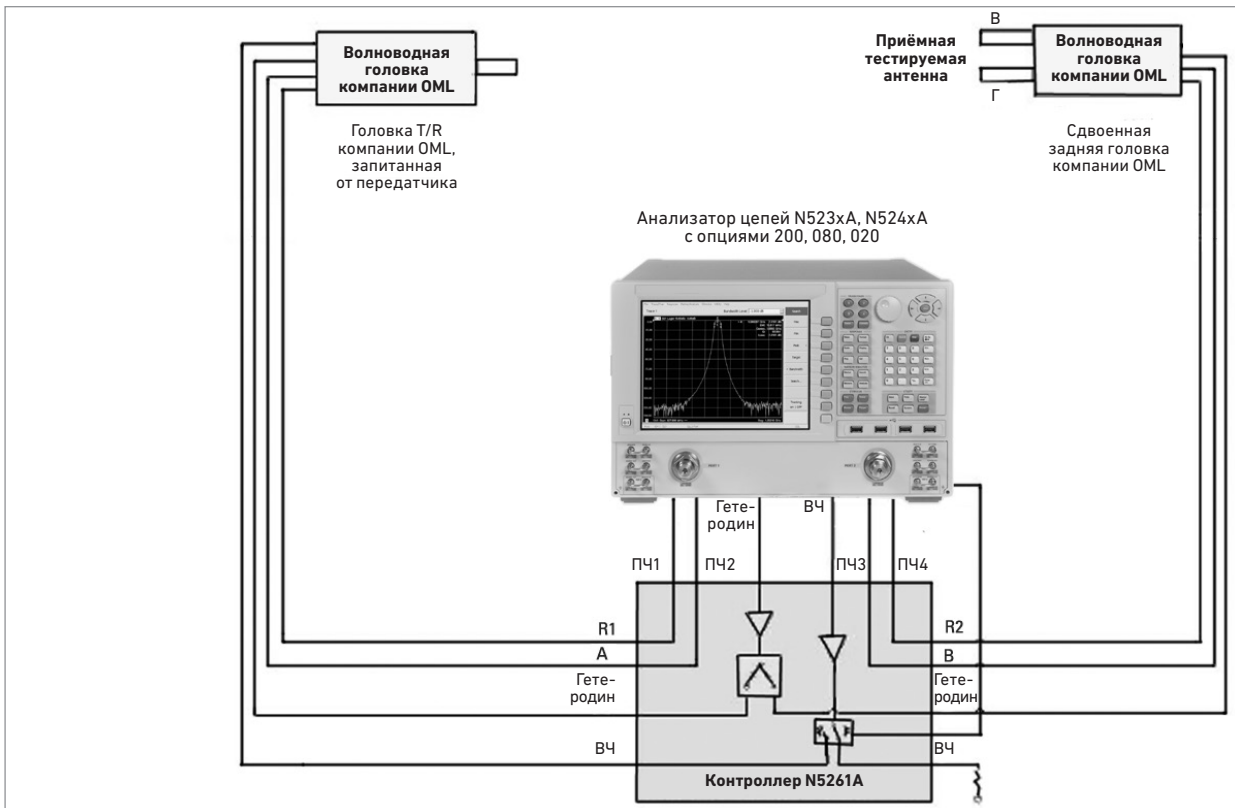


Рисунок 13. Типовая прикладная система для измерений параметров антенн в миллиметровом диапазоне, использующая анализатор цепей N5242A серии PNA-X с опцией 020.

Подробнее об измерениях в миллиметровом диапазоне см. *рекомендации по применению 1408-15 "Измерения в миллиметровых диапазонах длин волн с использованием анализатора цепей серии PNA"*, номер публикации 5989-4098EN.

### 3. Анализ проблем разработки системы измерения параметров антенн

При выборе оборудования для системы измерения параметров антенн необходимо проанализировать множество параметров. Проектирование законченной системы измерения параметров антенн, как правило, требует от разработчика тщательной проработки конфигурации передающей стороны, затем приёмной стороны, а затем регулировки передатчика и повторного расчёта значений параметров для оптимизации характеристик.

#### Конфигурация передающей стороны

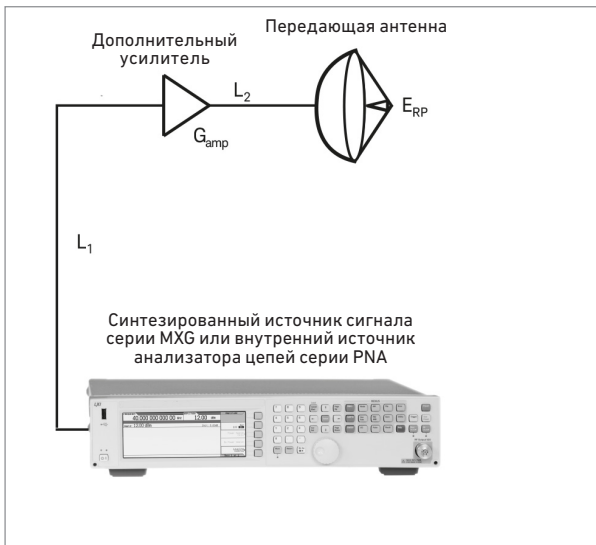


Рисунок 14. Конфигурация передающей стороны.

#### Выбор источника передатчика

При выборе источника передатчика следует руководствоваться диапазоном частот тестируемой антенны, расстоянием до передающей антенны, мощностью источника и требованиями к скорости измерений. Для компактных полигонов и для измерений в ближней зоне наиболее подходящим источником обычно является внутренний источник анализатора серии PNA. Внутренний источник быстрее внешнего, его использование помогает снизить общую стоимость системы за счёт исключения из её состава источника. Большие полевые полигоны могут потребовать использования внешнего источника, который может быть помещён в месте расположения удалённой передающей стороны.

#### Целесообразность использования усилителя передатчика

Начинать следует с расчёта мощности без усилителя. Если после выполнения расчётов мощности передатчика она оказывается недостаточной, следует добавить усилитель и повторить расчёты.



## Расчёт эффективной мощности излучения

Эффективная мощность излучения ( $E_{RP}$ ) – это мощность на выходе передающей антенны.

$$E_{RP} = P_{source} - (L_1 + L_2) + G_{amp} + G_t$$

где  $E_{RP}$  = эффективная мощность излучения (дБм)  
 $P_{source}$  = выходная мощность источника (дБм)  
 $L_1$  и  $L_2$  = потери в кабеле(ях) между источником и антенной (дБ)  
 $G_{amp}$  = коэффициент усиления усилителя (если используется) (дБи)  
 $G_t$  = коэффициент усиления передающей антенны (дБи)

## Расчёт потерь распространения в свободном пространстве

Потери распространения в свободном пространстве (мощность диссипации,  $P_D$ ) антенного полигона определяет разность в уровнях мощности на выходе передающей антенны и на выходе изотропной (абсолютно ненаправленной) антенны (коэффициент усиления 0 дБи), расположенной на приёмной стороне. Потери распространения в свободном пространстве вызваны дисперсионной природой передающей антенны. Передающая антенна излучает сферический волновой фронт; только часть этого сферического волнового фронта улавливается приёмной антенной.

Для свободного пространства и антенного полигона с расположением антенны в дальней зоне коэффициент передачи полигона определяется следующим образом:

$$P_D = 32,45 + 20 \cdot \lg(R) + 20 \cdot \lg(F)$$

где  $P_D$  = потери распространения в свободном пространстве (мощность диссипации) (дБ)  
 $R$  = длина полигона (м)  
 $F$  = частота измерения (ГГц)

Примечание: калькулятор, позволяющий вычислять это значение, можно найти на сайте по ссылке: <http://na.tm.keysight.com/pna/antenna>

*Это уравнение не учитывает затухание в атмосфере, которое может быть существенным в определённых миллиметровых диапазонах частот.*

Компактные антенные измерительные полигоны обеспечивают высокую эффективность коэффициента передачи за счёт коллиматоров или фокусирования передаваемой мощности одним или несколькими отражателями. Коэффициенты передачи для большинства компактных антенных измерительных полигонов можно узнать, обратившись к брошюрам технических данных или запросить их у производителя. Если коэффициент передачи неизвестен, то в качестве оценки худшего случая можно воспользоваться потерями в свободном пространстве.

Следует рассчитать коэффициенты передачи полигона для минимальной и максимальной рабочей частоты.

## Расчёт максимального уровня мощности на выходе тестируемой антенны

Для приблизительного определения уровня максимальной мощности на выходе испытываемой антенны необходимо рассчитать уровень принимаемой мощности в измерительном канале. Требуемая чувствительность измерения определяется исходя из уровня мощности, принимаемой в измерительном канале, требуемого динамического диапазона и требуемой точности измерения. Уровень максимальной мощности, принимаемой в измерительном канале, достигается в том случае, когда тестируемая антенна находится в створе с передающей антенной.

$$P_{AUT} = E_{RP} - P_D + G_{AUT}$$

где  $P_{AUT}$  = уровень мощности, принимаемой в измерительном канале, на выходе тестируемой антенны (дБм)  
 $E_{RP}$  = эффективная мощность излучения (дБм)  
 $P_D$  = потери распространения в свободном пространстве (дБ, на максимальной частоте измерения)  
 $G_{AUT}$  = ожидаемый максимальный коэффициент усиления тестируемой антенны (дБи)

Примечание: мощность  $P_{AUT}$  не должна превышать нормированные входные уровни насыщения следующих каскадов (обычно либо анализатора цепей серии PNA, либо, в более сложных системах, смесителя). Для получения более подробной информации см. технические характеристики составляющих систему устройств.

## Динамический диапазон

Динамический диапазон, необходимый для тестирования антенны, равен разности в децибелах между максимальным уровнем мощности при совпадении направлений антенн и минимальной мощностью, которую требуется измерять. Сюда, например, входят уровень боковых лепестков, глубина нулей и уровни кросс-поляризации.

## Точность измерения и отношение сигнал/шум

Точность измерения ограничивается чувствительностью измерительной системы. Отношение сигнал/шум непосредственно влияет на точность измерительной системы, как для амплитудных, так и для фазовых измерений. На рисунке 15 показаны зависимости между отношением сигнал/шум с одной стороны и амплитудной и фазовой погрешностями, с другой.

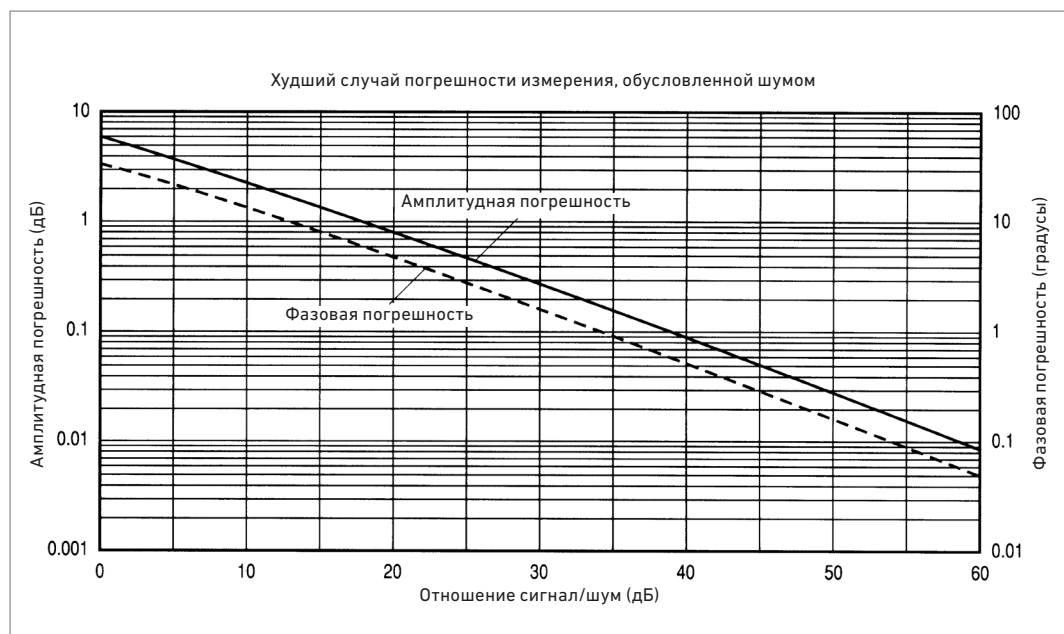


Рисунок 15. Точность измерения как функция отношения сигнал/шум.

Определить допустимое отношение сигнал/шум можно по требуемым погрешностям измерения амплитуды и фазы.

## Чувствительность

Анализатор цепей серии PNA должен располагаться как можно ближе к измерительной антенне для минимизации длин ВЧ-кабелей. При определении требуемой чувствительности измерительной системы следует учитывать, что чувствительность измерений анализатора цепей серии PNA должна быть ухудшена из-за вносимых потерь в ВЧ-кабеле (кабелях).

Определим необходимую чувствительность анализатора цепей серии PNA.

$$\text{Чувствительность} = P_{\text{AUT}} - DR - S/N - L$$

- где
- $P_{\text{AUT}}$  = мощность на выходе тестируемой антенны (дБм)
  - $DR$  = требуемый динамический диапазон (дБ)
  - $S/N$  = отношение сигнал/шум, определённое выше (дБ)
  - $L$  = потери в кабелях (дБ) от тестируемой антенны до входа анализатора цепей серии PNA

Примечание: это уравнение относится к простейшей антенной системе без выносных смесителей.

См. рисунок 10.

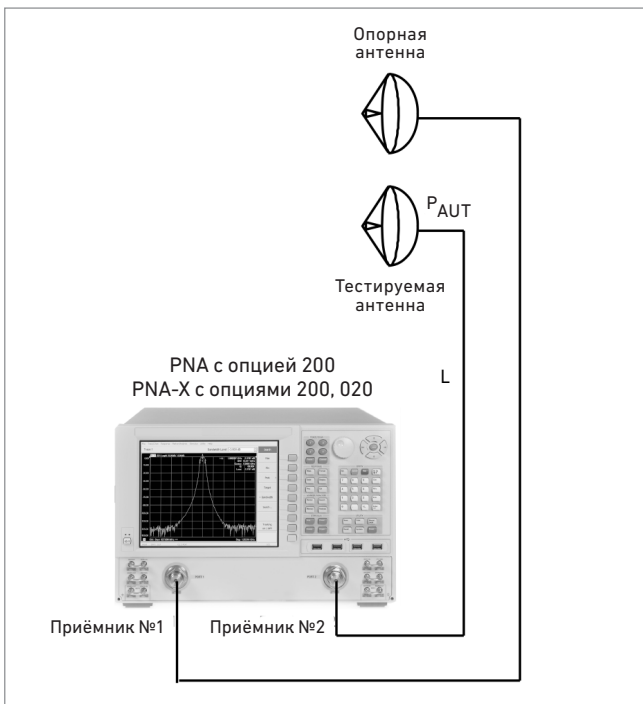


Рисунок 16. Конфигурация приёмной стороны без выносных смесителей.

## Выбор анализатора цепей

Требования к системе для измерения параметров антенн по диапазону частот и чувствительности определяют требования к характеристикам анализатора цепей. Компания Keysight предлагает три семейства анализаторов цепей: серию PNA, серию PNA-L и серию ENA. Для серии PNA компания Keysight разработала специализированные опции для измерения параметров антенн. Благодаря этим опциям серия PNA в большинстве случаев идеально подходит для измерения параметров антенн. Однако существуют задачи, которые не требуют этих опций, и в таких случаях меньшие по стоимости анализаторы серий PNA-L и ENA могут оказаться более правильным выбором. При необходимости строгого обеспечения защиты данных следует использовать анализаторы серий PNA и PNA-L. Приведённая ниже таблица поможет выбрать анализатор, исходя из требований к диапазону частот и чувствительности.

Более подробная информация приведена в брошюрах, содержащих технические данные по анализаторам цепей: серии ENA, номер публикации 5988-3780EN, серий PNA и PNA-L, номера публикаций 5988-7988EN и 5989-0514EN.

Таблица 1. Типовые характеристики анализаторов цепей компании Keysight

Серия	Модель/опция (стандартный/конфигурируемый измерительный блок)	Диапазон частот	Скорость перестройки частоты (10 МГц/точка при макс. полосе ПЧ и без переходов на другую полосу на частоте 1 ГГц)	Чувствительность на измерительном порте при полосе ПЧ 1 кГц на макс. частоте	Чувствительность непосредственно на входе приёмника при полосе ПЧ 1 кГц (с опцией 014 для PNA) на макс. частоте	Выходная мощность на макс. частоте
ENA	E5070C	От 300 кГц до 3 ГГц	*	< -90 дБм	**	+10 дБм
	E5071C	От 300 кГц до 8,5/20 ГГц	*	< -103 дБм/ -86 дБм	**	+5 дБм
PNA-L	N5230C Опция 020/025	От 300 кГц до 8,5 ГГц	160 мкс	< -99 дБм	< -108 дБм	+10 дБм
	N5231A, 2/4 порта	От 300 кГц до 13,5 ГГц	160 мкс	< -90 дБм	< -106 дБм	+2 дБм
	N5232A 2/4 порта	От 10 МГц до 20 ГГц	160 мкс	< -86 дБм	< -97 дБм	+10 дБм
	N5234A 2/4 порта	От 10 МГц до 43,5 ГГц	160 мкс	< -80 дБм	< -86 дБм/-95 дБм	-5 дБм
	N5235A 2/4 порта	От 10 МГц до 50 ГГц	160 мкс	< -80 дБм	< -78 дБм/-93 дБм	-9 дБм
PNA	E8362C/N5222A	От 10 МГц до 20 ГГц	278 мкс/100 мкс	< -100 дБм/ -94 дБм	< -114 дБм/-110 дБм	+3 дБм/ +13 дБм
	E8363C/N5224A	От 10 МГц до 40 ГГц	278 мкс/100 мкс	< -94 дБм/ -94 дБм	< -105 дБм/-108 дБм	-4 дБм/ +11 дБм
	E8364C/N5225A	От 10 МГц до 50 ГГц	278 мкс/100 мкс	< -94 дБм/ -94 дБм	< -103 дБм/-105 дБм	-10 дБм/ +8 дБм
	E8361C/N5227A	От 10 МГц до 67 ГГц	278 мкс/100 мкс	< -79 дБм/ -94 дБм	< -88 дБм/-103 дБм	-5 дБм/ +5 дБм
PNA-X	N5242A	От 10 МГц до 26,5 ГГц	100 мкс	< -100 дБм	< -115 дБм	+11 дБм
	N5244A	10 МГц до 43,5 ГГц	100 мкс	< -100 дБм	< -100 дБм	+5 дБм
	N5245A	От 10 МГц до 50 ГГц	100 мкс	< -100 дБм	< -115 дБм	-8 дБм

1. Примечание: с опцией H11 типовая чувствительность составляет -127 дБм

\* Нет данных

\*\* Опция отсутствует

## Что делать, если требования к чувствительности не выполняются

Если тестируемая антенна расположена далеко от анализатора, и требуются длинные кабели, потери в кабелях могут оказаться значительными, снижая чувствительность и уменьшая динамический диапазон. Может оказаться, что невозможно найти анализатор, удовлетворяющий требованиям к чувствительности. В этом случае перенести измерительную плоскость ближе к тестируемой антенне можно с помощью преобразования частоты сигнала на ПЧ, используя устройство распределения сигналов гетеродина/ПЧ 85309 с выносными смесителями 85320A/B. Такое решение уменьшает потери в кабелях, максимально повышает точность и расширяет динамический диапазон. Обе опции H11 и 014 анализаторов цепей серии PNA поддерживают конфигурацию с выносом смесителей. См. подраздел "Конфигурация приёмной стороны с выносными смесителями".

### Конфигурация приёмной стороны с выносными смесителями

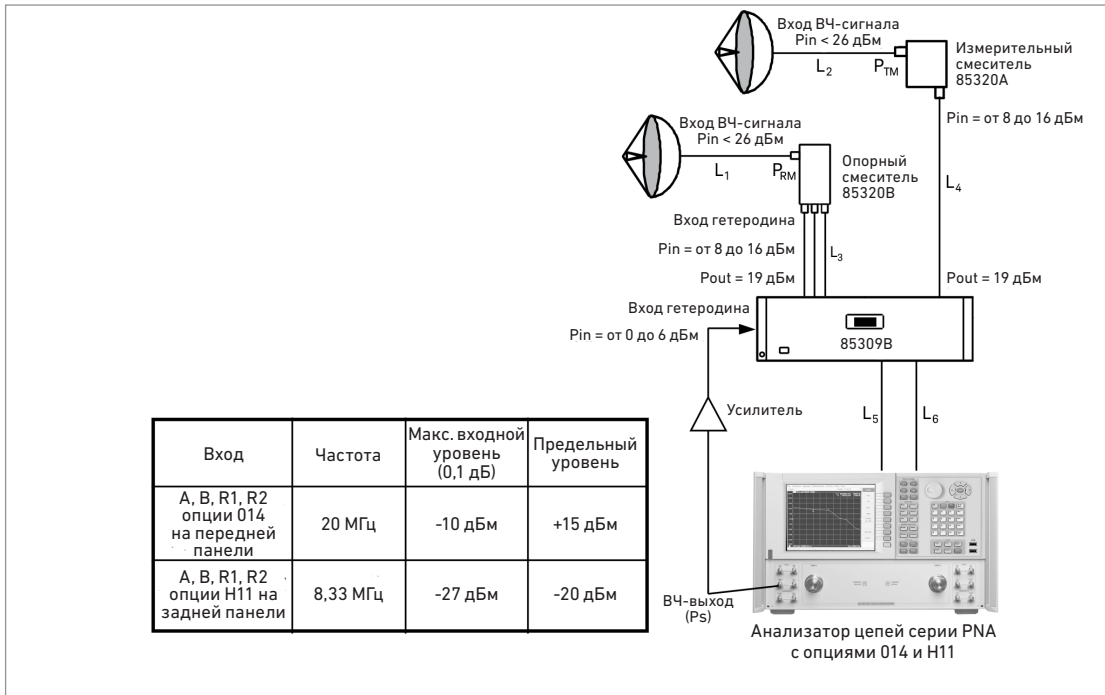


Рисунок 17. Конфигурация приёмной стороны с выносными смесителями, использующая анализатор цепей E836xC серии PNA.

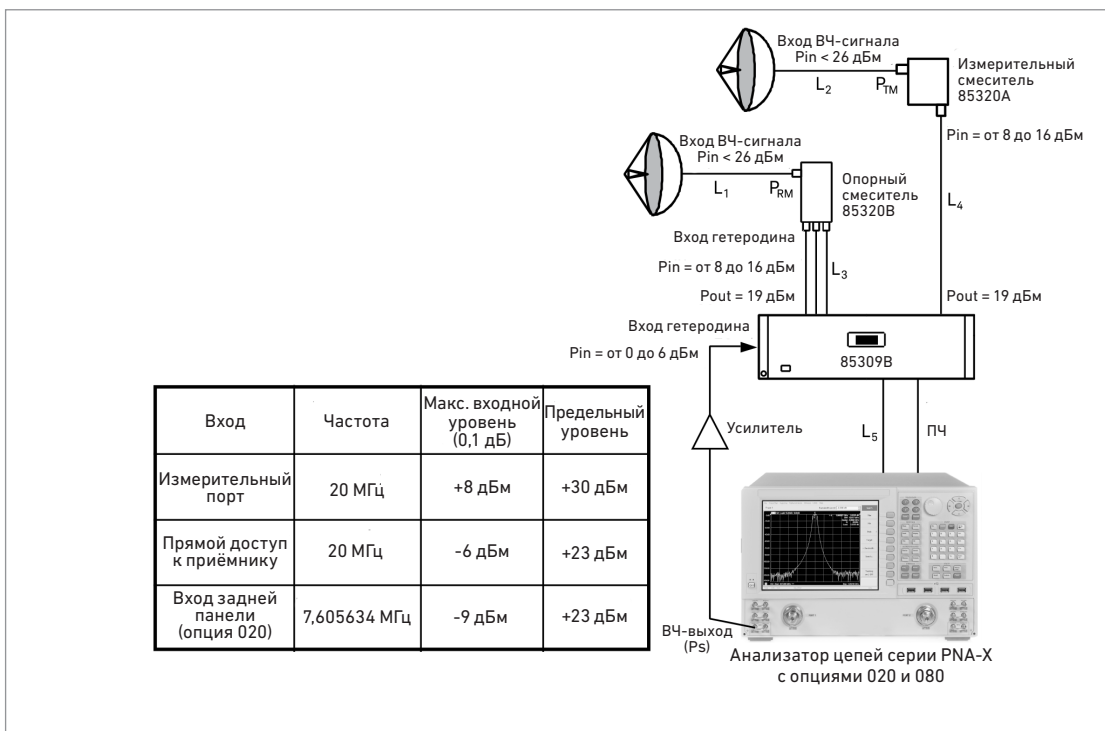


Рисунок 18. Конфигурация приёмной стороны с выносными смесителями, использующая анализатор цепей N5242A серии PNA-X.

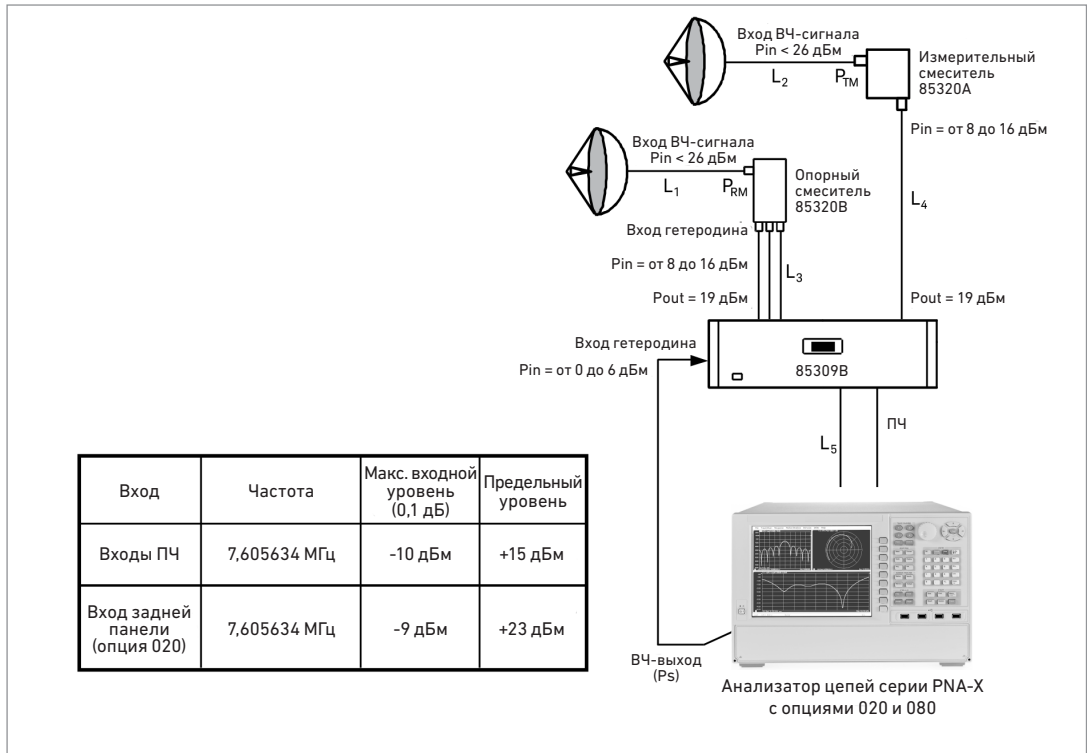


Рисунок 19. Конфигурация приёмной стороны с выносными смесителями, использующая измерительный приёмник N5264A на базе анализатора цепей серии PNA.

### Выбор источника сигнала гетеродина

Рекомендуемые СВЧ-смесители используют смешение на основной частоте от 300 МГц до 18 ГГц и смешение на гармониках на частотах выше 18 ГГц. Поэтому источники сигнала гетеродина в диапазоне частот от 0,3 до 18 ГГц подходят для всех диапазонов частот. Компания Keysight предлагает широкий выбор источников, которые могут использоваться в качестве гетеродина. Поскольку от гетеродина требуется диапазон частот только от 0,3 до 18 ГГц, во многих случаях можно использовать источник анализатора цепей серии PNA.

Источник сигнала гетеродина должен обеспечивать на входе гетеродина 85309A уровень мощности от 0 до 6 дБм. При определении, имеет ли источник достаточную мощность, следует, прежде всего, учитывать потери в кабелях.

Потери в кабеле гетеродина зависят от частоты; нижние частоты характеризуются малыми потерями на единицу длины, а высокие частоты - более высокими. Следовательно, максимальная используемая частота гетеродина приводит к максимальным потерям. Максимальная частота гетеродина зависит от максимальной частоты, нормированной для антенного полигона, и от того, используется ли смешение на основной частоте или на гармониках. Между частотой гетеродина и чувствительностью системы может потребоваться компромисс. Смешение на основной частоте обеспечивает наименьшие потери преобразования в смесителе и наивысшую чувствительность системы. Смешение на гармониках позволяет использовать более низкие частоты гетеродина (с более длинными кабелями), но характеризуется большими потерями преобразования в смесителе и более низкой чувствительностью системы.

## Выбор источника сигнала гетеродина (продолжение)

Прежде чем вычислять потери в кабеле, сначала следует определить частоту гетеродина. При использовании анализатора цепей серии PNA с опцией H11 частота гетеродина должна устанавливаться так, чтобы обеспечить ПЧ 8,33 МГц. Частота гетеродина анализатора цепей серии PNA автоматически смещается от частоты ВЧ-сигнала на 8,33 МГц, если анализатор работает на частотах ниже 20 ГГц, и отключена функция смещения частоты. Для получения более подробной информации см. подраздел “Установка частоты гетеродина анализатора цепей серии PNA для обеспечения ПЧ 8,33 МГц” далее в этом документе.

Если установлена опция H11, то доступ к внутреннему гетеродину анализатора цепей серии PNA может осуществляться через выходной порт на задней панели. Диапазон частот гетеродина ограничен пределами 1,7 и 20 ГГц. Сигнал на задней панели имеет очень низкую мощность, и для достижения уровня мощности, необходимого для устройства распределения сигналов гетеродина/ПЧ 85309В, всегда требуется усилитель. ВЧ-сигнал передней панели может использоваться в качестве сигнала гетеродина для 85309В, если только он не используется в качестве системного ВЧ-сигнала.

## Расчёт необходимой мощности источника сигнала гетеродина

$$P_s = \text{длина кабеля (м)} \times \text{потери в кабеле (дБ/м)} + P_{in} (85309В)$$

где  $P_s$  = выходная мощность источника сигнала гетеродина (дБм)  
 $P_{in}$  = мощность входного сигнала, необходимая для 85309В (от 0 to 6 дБм)

При выборе источника следует руководствоваться конкретными требованиями и предпочтениями. Если мощность  $P_{in}$  недостаточна, должен использоваться источник с большей выходной мощностью или усилитель.

## Уровень опорного сигнала

Опорный смеситель обеспечивает опорную фазу для измерения и опорный сигнал для относительных измерений (измерительный/опорный), используемый для компенсации любых вариаций мощности в системе. Если в качестве источников сигнала и гетеродина выбраны синтезированные генераторы, или используется внутренний источник анализатора цепей серии PNA, захват ФАПЧ в приёмнике не требуется. Единственное требование к опорному каналу заключается в том, чтобы уровень сигнала был достаточным для достижения требуемой точности измерения. На рисунке 15 приведены амплитудная и фазовая погрешности в зависимости от отношения сигнал/шум; эти зависимости применимы также и к составляющим погрешности, вносимой опорным каналом. В большинстве случаев необходимо поддерживать отношение сигнал/шум не менее 50-60 дБ.

## Определение длины кабеля от устройства 85309В до смесителей

Смесители требуют определённого уровня мощности сигнала гетеродина; максимально допустимые длины кабелей определяются выходной мощностью устройства распределения сигналов гетеродина/ПЧ 85309В и потерями мощности в кабелях. Для обеспечения достаточного уровня мощности на смесителях, используйте приведённое ниже уравнение, чтобы рассчитать максимально допустимую длину кабелей для измерительной системы:

$$\text{Длина кабеля (м)} = (P_{out} 85309В - P_{in} \text{ смесителя}) / (\text{потери в кабеле/м на данной частоте})$$

Рекомендуется использовать высококачественные фазостабильные кабели с малыми потерями.

Примечание: для опорного и измерительного смесителей должны использоваться кабели гетеродина одного типа и одинаковой длины. Это требуется для того, чтобы гарантировать одинаковые потери распространения в гетеродинных каналах модулей опорного и измерительного смесителей. Кроме того, использование одного и того же типа кабелей оптимизирует (уменьшает) разбег фаз в системе при изменении температуры, повышая тем самым стабильность и точность фазовых измерений.

При использовании вращающегося соединения к кабелю гетеродина опорного смесителя должен быть добавлен дополнительный отрезок эквивалентной длины, обусловленной вносимыми потерями вращающегося соединителя. Для определения эквивалентной длины кабеля сначала нужно определить потери от входа до выхода вращающегося соединителя на максимальной частоте гетеродина. Затем, используя характеристику потерь в кабеле гетеродина между 85309В и модулем смесителя, следует вычислить эквивалентную длину в метрах на максимальной частоте гетеродина. Длина кабеля гетеродина опорного смесителя должна быть увеличена на эту величину.

## Мощность на входе опорного смесителя

Расчёт уровня мощности в опорном смесителе зависит от метода, используемого для получения опорного сигнала. Почти во всех типах полигонов сигнал опорного канала получается с использованием неподвижной опорной антенны, которая принимает часть мощности излучаемого сигнала передатчика. Для расчёта следует использовать один из приведённых ниже методов, подходящий для используемой конфигурации.

### 1. Излучаемые опорные сигналы

При использовании излучаемой опоры мощность на входе опорного смесителя может быть вычислена в соответствии со следующим уравнением:

$$P_{RM} = E_{RP} - P_D + G_{REF} - L_1$$

где  $P_{RM}$  = уровень мощности сигнала на входе опорного смесителя (дБм)  
 $E_{RP}$  = эффективная излучаемая мощность (дБм)  
 $P_D$  = потери распространения в свободном пространстве (мощность диссипации) (дБ)  
 $G_{REF}$  = коэффициент усиления опорной антенны (дБи)  
 $L_1$  = потери в кабеле между опорным смесителем и опорной антенной (дБ)

Примечание: если расчетный уровень мощности на входе опорного смесителя недостаточен для достижения требуемой точности от опорного канала, необходимо увеличить либо мощность передатчика, либо коэффициент усиления опорной антенны.

*Внимание:  $P_{RM}$  не должна превышать максимально допустимый уровень мощности для смесителя<sup>1</sup>*

*$P_{RM}$  с учетом потерь преобразования смесителя<sup>2</sup> должна быть меньше +5 дБм, так чтобы не превысить уровень точки компрессии на 1 дБ для входа LO/IF (гетеродин/ПЧ) 85309B.*

### 2. Ответвлённые опорные сигналы

При использовании ответвлённой опоры уровень мощности опорного канала можно определить путём вычитания из выходной мощности передатчика вносимых потерь кабелей и переходного ослабления в направленном ответвителе, а также добавления коэффициента усиления усилителя (если таковой имеется).

## Мощность на входе измерительного смесителя

Мощность на входе измерительного смесителя совпадает с мощностью на выходе тестируемой антенны (вычисленной выше), если этот смеситель подключён непосредственно к антенне. Мощность на входе измерительного смесителя может быть вычислена в соответствии со следующим уравнением:

$$P_{TM} = E_{RP} - P_D + G_{AUT} - L_2$$

где  $P_{TM}$  = уровень мощности сигнала на входе измерительного смесителя (дБм)  
 $E_{RP}$  = эффективная излучаемая мощность (дБм)  
 $P_D$  = потери распространения в свободном пространстве (мощность диссипации) (дБ)  
 $G_{AUT}$  = коэффициент усиления измерительной антенны (дБи)  
 $L_2$  = потери в кабеле между тестируемой антенной и измерительным смесителем (дБ)

*Внимание:  $P_{TM}$  не должна превышать максимально допустимый уровень мощности для смесителя<sup>1</sup>*

*$P_{TM}$  с учетом потерь преобразования смесителя<sup>2</sup> должна быть меньше +5 дБм, так чтобы не превысить уровень точки компрессии на 1 дБ для входа IF (ПЧ) 85309B.*

1. +26 дБм (85320A/B, 85320A/B-H50), +20 дБм (85320A/BEH20).
2. См. потери преобразования смесителей в таблице 10 в разделе "Каталог компонентов для измерений параметров антенн" на странице 60.



## Мощность на входах анализатора

Уровни мощности сигнала ПЧ на входе приёмника можно вычислить, используя следующие уравнения:

$$P_{REF} = P_{RM} - \text{потери преобразования смесителей}^1 + \text{коэффициент усиления 85309B} - (L3 + L5)$$

$$P_{TEST} = P_{TM} - \text{потери преобразования смесителей}^1 + \text{коэффициент усиления 85309B} - (L4 + L6)$$

где L = потери в кабелях, как показано на рисунке 11  
коэффициент усиления 85309B: ~дБ (тип.)

*Внимание: эти величины не должны превышать максимальный уровень входной мощности (уровень точки компрессии на 0,1 дБ) приёмника (-27 дБм для опции H11 или -14 дБм для опции 014). Если требуется, можно уменьшить мощность ВЧ-источника или добавить аттенюаторы на входах смесителей или анализатора.*

## Чувствительность

Теперь определим требуемую чувствительность анализатора цепей серии PNA.

$$\text{Чувствительность} = P_{REF} - DR - S/N$$

Где DR = требуемый динамический диапазон  
S/N = отношение сигнал/шум, вычисленное выше

С учётом этого значения чувствительности можно выбрать анализатор из таблицы 1, который удовлетворяет требованиям, предъявляемым к измерениям.

1. См. потери преобразования смесителей в таблице 10 в разделе "Каталог компонентов для измерений параметров антенн" на странице 60.

## Определение скорости измерения

Скорости измерения анализатора приведены в таблице 1 (только сбор данных). Реальное время измерения также включает время перестройки и установления частоты, время перехода между диапазонами, время обратного хода и время установления связи (если используются два анализатора цепей серии PNA). Если используются внешние источники, скорость измерения, как правило, определяется удалённым источником, который обычно является наиболее медленным устройством в системе. Все времена измерения в этом разделе являются номинальными значениями.

Примечание по модернизации: в среднем, анализатор цепей серии PNA обеспечивает значительное повышение скорости измерения по сравнению с анализаторами 8510 и 8530. Однако для того чтобы в полной мере воспользоваться преимуществами серии PNA по скорости измерений, может потребоваться дополнительное внешнее оборудование.

### 1. Измерение скорости

Расчёт скорости измерения антенной измерительной системы - непростая задача. Можно воспользоваться двумя методами для определения скорости анализатора цепей серии PNA: либо измерить её непосредственно, либо воспользоваться приведённым ниже уравнением для приблизительного вычисления.

Для измерения скорости можно использовать программу, позволяющую замерить время завершения измерения в анализаторе цепей серии PNA, либо воспользоваться осциллографом и пронаблюдать за линией "ready for trigger" ("готовность к запуску") на соединителе BNC задней панели, имеющем обозначение I/O 2 (Trig Out). Для этого следует установить режим внешнего запуска по высокому логическому уровню (если нет входного сигнала запуска, нет возможности использовать выходной сигнал запуска). Подтяжка к высокому уровню линии "trig in" (вход запуска) заставит анализатор цепей серии PNA запускаться с максимальной скоростью. Общее время измерения равно интервалу между выходными сигналами запуска.

### 2. Вычисление скорости измерения

Для приблизительного вычисления скорости измерения служит следующее уравнение:

Общее время измерения = сбор данных + время установки частоты + переключение диапазона + обратный ход

Сбор данных: время измерения на точку определяется наибольшей из двух величин: 1/полоса ПЧ или максимальная скорость свипирования. Для широких полос обзора с небольшим количеством точек, как правило, определяющей является скорость свипирования. Скорость свипирования приблизительно равна 600 МГц/мс для серии PNA и 900 МГц/мс - для серии PNA-L.

Время установки частоты: в режиме плавного свипирования время установки составляет 222 мкс для серии PNA и 56 мкс - для серии PNA-L. В режиме пошагового (синтезированного) свипирования для определения времени свипирования полезно воспользоваться следующей информацией: максимальная скорость (минимальное время) перестройки для серии PNA при 1 Гц/точка и максимальной полосе ПЧ составляет 170 мкс, а при 10 МГц/точка и максимальной полосе ПЧ - 278 мкс; максимальная скорость (минимальное время) перестройки для серии PNA-L при 1 Гц/точка и максимальной полосе ПЧ составляет 80 мкс, а при 10 МГц/точка и максимальной полосе ПЧ - 160 мкс.

Переключение диапазонов принимает значение приблизительно 4-8 мс для серии PNA и 2 мс - для серии PNA-L. Однако в режиме смещения частоты количество переключений диапазонов возрастает. В этом режиме значения количества переключений диапазонов в источнике и в приёмнике могут не совпадать. Точное количество переключений диапазонов можно найти в таблице 5.2 руководства по обслуживанию СВЧ-анализаторов цепей серии PNA (Microwave PNA Service Manual).

Обратный ход занимает 10-15 мс при включенном экране и 5-8 мс при выключенном. Обратный ход переводит систему назад к начальной частоте предыдущего цикла свипирования.

## Пример определения времени измерения для анализатора цепей серии PNA

Параметры: анализатор цепей серии PNA, 201 точка, полоса обзора 1 ГГц и полоса ПЧ 10 кГц

Сначала определим, к какому режиму, пошаговому (синтезированному) или плавному свипированию, относится большинство точек. Если полоса ПЧ < 1 кГц или время/точка > 1 мс, все точки будут синтезированными, в противном случае будет режим плавного свипирования. Кроме того, калибровка мощности источника, свипирование по мощности и режим смещения частоты требуют пошагового режима.

Сбор данных: время/точка = 1/полоса ПЧ = 1/10 кГц = 100 мкс (поскольку это время меньше 1 мс, прибор серии PNA находится, по всей вероятности, в режиме плавного свипирования).

Итак, 201 точка при 100 мкс/точка составляет 20,1 мс

Затем проверим предельно значение скорости свипирования. При 600 МГц/мс полосе обзора 1 ГГц соответствует 1,7 мс. Следовательно, определяющим является параметр "время/точка" (сбор данных), а не скорость свипирования. Таким образом, "сбор данных" занимает 20,1 мс

Время установки частоты: 222 мкс

Переключения диапазонов: отсутствуют

Время обратного хода: от 10 до 15 мс.

Общее время измерения = 20,1 мс + 222 мкс + (от 10 до 15 мс) =  
= от 30 до 35 мс (НОМ.)

## Оптимизация скорости и динамического диапазона

Для некоторых прикладных задач требуется максимальная скорость, которую может обеспечить система, для других наиболее важным является максимально достижимый динамический диапазон. В анализаторах цепей серии PNA пользователи имеют возможность регулировать настройки в соответствии с их конкретными потребностями.

### Доступные опции для повышения чувствительности

Опция 014 (прямой доступ к приёмнику) – повышение чувствительности

Опция H11 ((доступ к мультиплексу ПЧ) – максимальный динамический диапазон при использовании внешних смесителей.

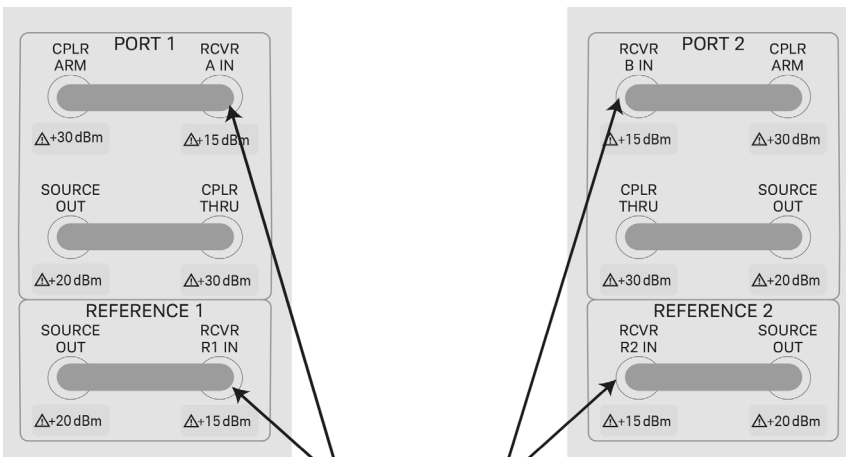
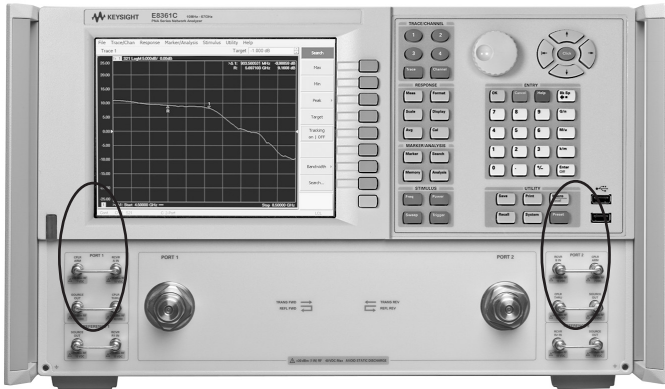
### Другие компромиссные решения

Сужение полосы ПЧ расширяет динамический диапазон, но снижает скорость.

Пользователи имеют возможность выбрать оптимальные параметры настройки для своих прикладных задач. Например, изменение полосы ПЧ с 1 кГц до 100 Гц даёт выигрыш в динамическом диапазоне 10 дБ, но в 10 раз снижает скорость.

## Интерфейсные требования для анализаторов цепей серии PNA, снятых с производства

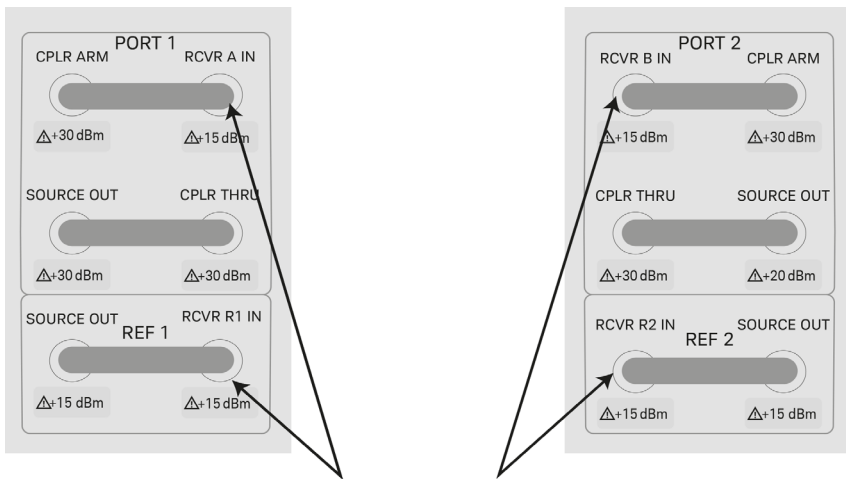
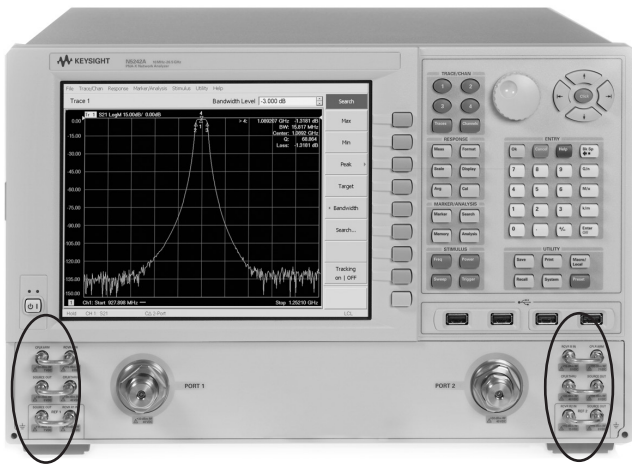
При конфигурировании анализаторов цепей серии PNA важно следить, чтобы уровни мощности не привели к повреждению приборов. Желательно, чтобы мощность не превышала уровней точки компрессии на 0,1 дБ, указанных на рисунках ниже. Предельно допустимые уровни (уровни повреждения) отпечатаны на приборе, как показано на рисунке 20.



Уровень точки компрессии на 0,1 дБ:  
-15 дБм, тип. на частоте 20 ГГц  
-25 дБм, тип. на частоте 50 ГГц

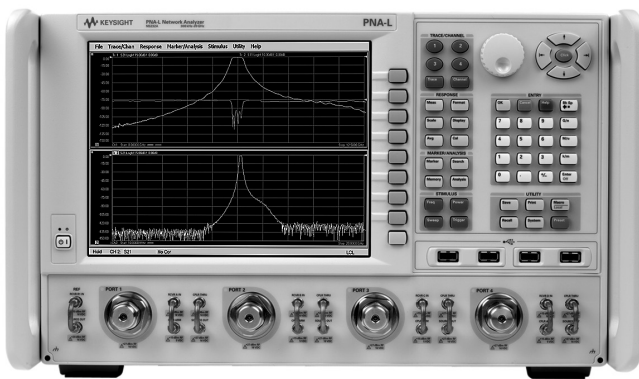
Рисунок 20. Соединители передней панели анализаторов цепей E836xC серии PNA.

## Анализатор цепей N5242A серии PNA-X

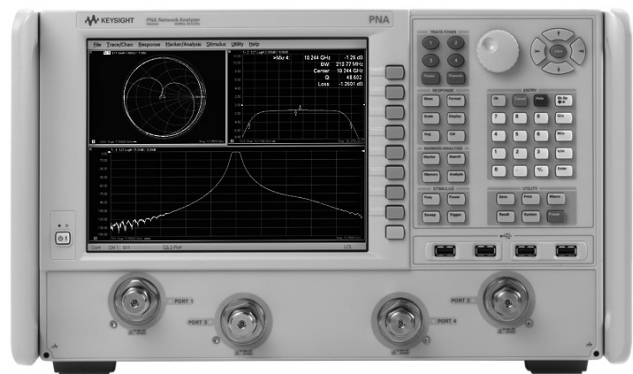


Уровень точки компрессии на 0,1 дБ:  
-5 дБм, тип. на частоте 26,5 ГГц

Рисунок 21. Соединители передней панели анализатора цепей N5242A серии PNA-X.



Анализатор цепей N523xA серии PNA-L



Анализатор цепей N5222A серии PNA

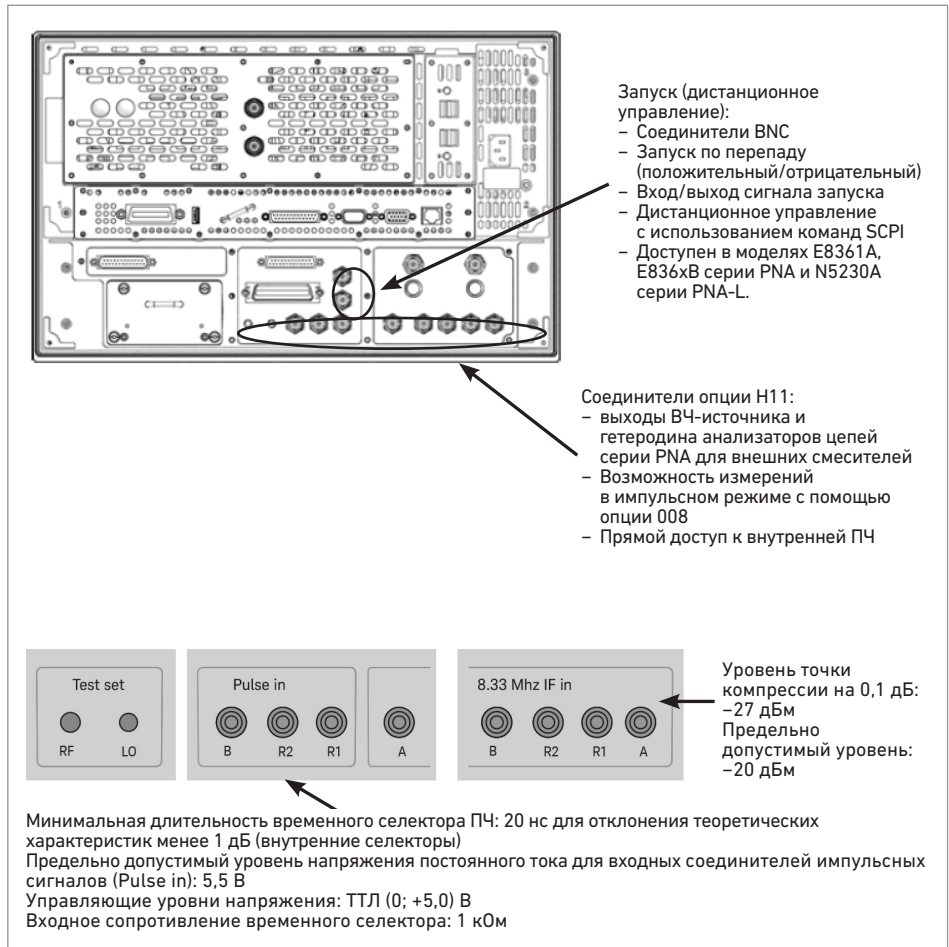


Рисунок 22. Соединители задней панели анализаторов цепей E836xC серии PNA.

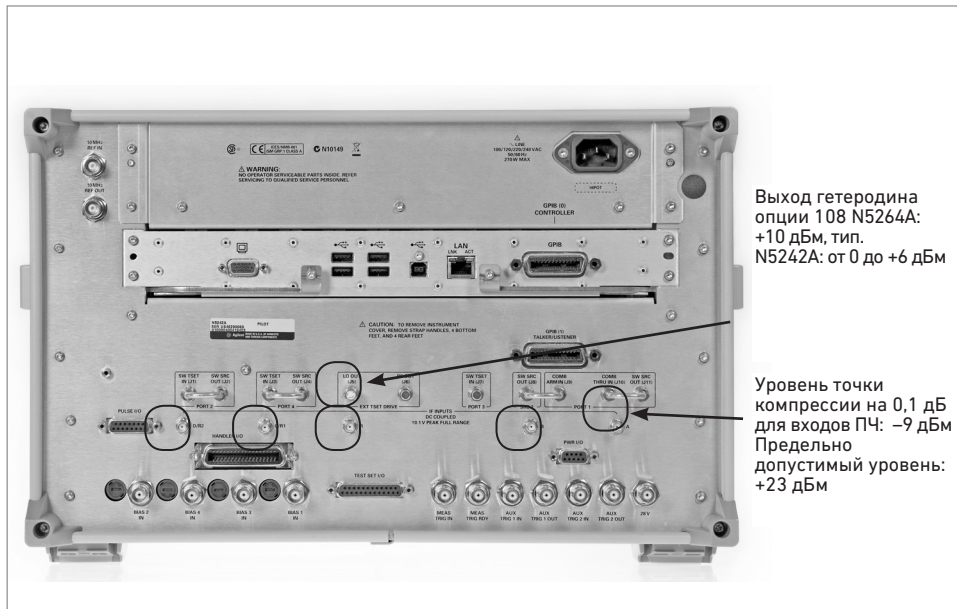


Рисунок 23. Соединители задней панели измерительного приёмника N5264A на базе анализатора цепей серии PNA-X и анализатора цепей N5242A серии PNA-X.

## Опция H11 - доступ к ПЧ

Опция H11 предусмотрена только для анализаторов цепей серии PNA. Опция H11 требует также наличия в приборе опций 014, 080, 081 и UNL. Опция H11 обеспечивает прямой доступ к первому каскаду понижающего преобразования ПЧ. Внешний вход ПЧ позволяет подавать сигнал ПЧ 8,33 МГц от внешних смесителей непосредственно на вход дигитайзера анализатора цепей серии PNA в обход ВЧ-каскадов преобразования частоты. Измерительная система становится распределённым анализатором цепей со следящим генератором и перестраиваемым приёмником. Это смещает кривую динамического диапазона и повышает чувствительность примерно на 20 дБ.

Опция H11 также обеспечивает доступ к источникам ВЧ-сигнала и сигнала гетеродина (от 1,7 до 20 ГГц) с задней панели анализатора цепей серии PNA. Этот двояк источник устраняет необходимость применения отдельного синтезатора при использовании выносных смесителей. С задней панели не предусмотрено управление мощностью ВЧ-сигнала и сигнала гетеродина. Диапазоны мощности могут изменяться, и для достижения требуемой для смесителей мощности могут потребоваться внешние усилители. В таблице 2 показаны типовые уровни мощности, достижимые на выходе. Устранение необходимости использования внешних источников ВЧ-сигналов существенно сокращает время измерения. Это происходит за счет того, что перестройка частоты зависит исключительно от анализатора цепей серии PNA, в котором время перестройки определяется микросекундами, а не миллисекундами, как в большинстве источников.

Таблица 2. Типовые значения уровней мощности ВЧ-сигнала и сигнала гетеродина на выходах задней панели анализатора цепей серии PNA

### Уровень мощности сигнала гетеродина на задней панели (тип.)

От 1,7 до 20 ГГц От -16 до -7 дБм

### Уровень мощности ВЧ-сигнала на задней панели для E8362C (тип.)

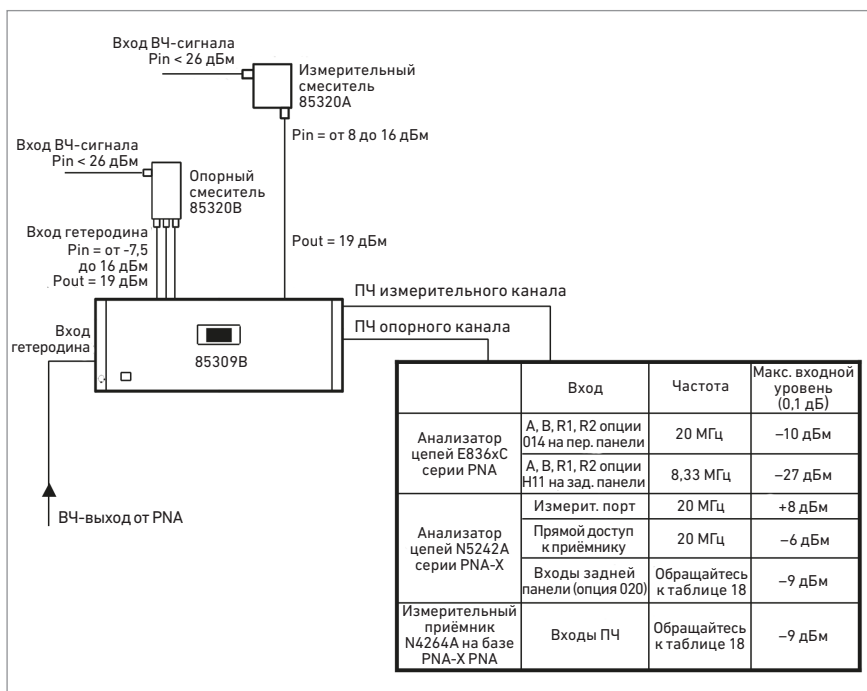
От 1,7 до 20 ГГц От -16 до -5 дБм (при мощности -5 дБм на измерительном порте<sup>1)</sup>)

### Уровень мощности ВЧ-сигнала на задней панели для E8363C/E8364C (тип.)

От 1,7 до 10 ГГц От -12 до -2 дБм (при мощности -5 дБм на измерительном порте<sup>1)</sup>)

От 10 до 16 ГГц От -8 до 0 дБм (при мощности -5 дБм на измерительном порте<sup>1)</sup>)

От 16 до 20 ГГц От -1 до +5 дБм (при мощности -5 дБм на измерительном порте<sup>1)</sup>)



1. Мощность на измерительном порте должна быть достаточно высокой для того, чтобы не происходила остановка процедуры калибровки (Drop Cal). Если произойдет остановка калибровки, мощность на соединителе задней панели упадет примерно на 15 дБ.

Рисунок 24. Диаграмма соединений и требования к входным уровням для опций H11 и 014 анализатора цепей E836xC серии PNA.

## Опция H11 – доступ к ПЧ (продолжение)

Устройство распределения сигналов гетеродина/ПЧ 85309В взаимодействует с анализаторами цепей серии PNA, PNA-X двумя способами, подавая либо сигнал ПЧ 20 МГц для PNA и PNA-X, либо сигнал ПЧ 8,33 МГц для PNA и 7,606534 МГц для анализатора цепей серии PNA-X и измерительного приёмника на базе анализатора цепей серии PNA-X. До настройки параметров измерения важно понять, чем эти конфигурации отличаются друг от друга. отличия каждой конфигурации.

### 85309В с анализатором цепей серии PNA, оснащённым опциями 014 и 080, и анализатором цепей серии PNA-X с опцией 080

В этой конфигурации измерительной установки анализатор цепей серии PNA работает в режиме смещения частоты, и 85309А должен создавать сигнал ПЧ 20 МГц. Приёмник настроен на 20 МГц, и источники ВЧ-сигнала и сигнала гетеродина должны быть отстроены друг от друга на 20 МГц. Измерительный и опорный сигналы подаются через переключки передней панели в обход внутреннего ответвителя анализатора цепей серии PNA. Такая конфигурация снижает уровень собственных шумов от 10 до 38 дБ в зависимости от частоты. Однако работа в режиме смещения частоты приводит к снижению скорости перестройки частоты.

### 85309В с анализатором цепей серии PNA, оснащённым опциями 014, 080, 081, UNL и H11

В этой конфигурации измерительной установки 85309В должен создавать сигнал ПЧ 8,33 МГц. Источник ВЧ-сигнала и сигнала гетеродина должны быть отстроены друг от друга на 8,33 МГц. При нормальной работе анализатор цепей серии PNA автоматически смещает сигнал внутреннего гетеродина на 8,33 МГц от внутреннего ВЧ-сигнала. Выше 20 ГГц анализатор цепей серии PNA переключается на 3-ю гармонику, поэтому  $f_{\text{сигн.}} = 3 \text{ фрекетер.} = 8,33 \text{ МГц}$ . Такая конфигурация позволяет подключить выход ПЧ 85309В ко входам ПЧ задней панели анализатора цепей серии PNA с опцией H11 в обход первого смесителя анализатора цепей серии PNA. Эта конфигурация обеспечивает наивысшую чувствительность.

### 85309В с анализатором цепей серии PNA-X, оснащённым опциями 020 и 080

В этой конфигурации измерительной установки 85309В должен создавать сигнал ПЧ 7,605634 МГц. Источники ВЧ-сигнала и сигнала гетеродина должны быть отстроены друг от друга на 7,605634 МГц. При нормальной работе анализатор цепей серии PNA-X автоматически смещает сигнал внутреннего гетеродина на 7,605634 МГц от внутреннего ВЧ-сигнала. Такая конфигурация позволяет подключить выход ПЧ 85309В ко входам ПЧ задней панели анализатора цепей серии PNA-X с опцией 020 в обход первого смесителя анализатора цепей серии PNA-X. Эта конфигурация обеспечивает наивысшую чувствительность.

### 85309В с измерительным приёмником на базе анализатора цепей серии PNA-X

В этой конфигурации измерительной установки 85309В должен создавать сигнал ПЧ 7,605634 МГц. Источники ВЧ-сигнала и сигнала гетеродина должны быть отстроены друг от друга на 7,605634 МГц. Измерительный приёмник на базе анализатора цепей серии PNA-X с опцией 108 при работе в связанном режиме автоматически смещает сигнал внутреннего гетеродина на 7,605634 МГц от внутреннего ВЧ-сигнала. Такая конфигурация позволяет подключить выход ПЧ 85309В ко входам ПЧ задней панели. Эта конфигурация обеспечивает наивысшую чувствительность и меньшую стоимость.



## Установка частоты гетеродина анализатора цепей серии PNA для обеспечения сигнала ПЧ 8,33 МГц

Гетеродин анализатора цепей серии PNA должен быть настроен таким образом, чтобы смесители выдавали ПЧ 8,33 МГц на входы опции H11 анализатора цепей серии PNA. Использование уравнений, приведённых ниже, позволяет рассчитать соответствующую частоту гетеродина. (При установке частоты гетеродина анализатора цепей серии PNA-X для обеспечения сигнала ПЧ, в процедуре, приведённой ниже, просто замените “8,33 МГц” на “7,605634 МГц”.)

## Использование сигнала гетеродина, доступного на задней панели анализатора цепей серии PNA с опцией H11, в качестве входного сигнала гетеродина для 85309B

Известно, что для смесителя,  $ПЧ = N \times f_H - f_C$   
 где N = номер гармоники внешнего смесителя  
 $f_H$  - частота гетеродина  
 $f_C$  - частота ВЧ-сигнала

При использовании опции 080 (смещение частоты) частота на выходе порта гетеродина на задней панели определяется как,  $f_H = \frac{m}{d} \times f_C + \text{смещение} + 8,33 \text{ МГц}$

Подставив  $f_H$  в первое уравнение, имеем,  
 $ПЧ = N \left( \frac{m}{d} \times f_C + \text{смещение} + 8,33 \text{ МГц} \right) - f_C$   
 $= \left( \frac{m}{d} \right) \times N \times f_C + N \times \text{смещение} + N \times 8,33 - f_C$

Для создания гетеродина ниже ВЧ-сигнала по частоте положим  $m = 1$  и  $d = N$

Упрощая, получим  $ПЧ = f_C + N \times 8,33 + N \times \text{смещение} - f_C$   
 $= N \times 8,33 + N \times \text{смещение}$

Поскольку ПЧ должна равняться 8,33 МГц, имеем:  
 $8,33 = N \times 8,33 + N \times \text{смещение}$   
 $(1 - N) \times 8,33 = N \times \text{смещение}$   
 Следовательно, смещение (МГц) =  $\left( \frac{1 - N}{N} \right) \times 8,33$

При помощи диалогового окна опции 080 (см. рисунок 25) ввести смещение, вычисленное выше, для настройки гетеродина, установить множитель (Multiplier) на 1, а делитель (Divisor) на N (номер гармоники внешнего смесителя) и пометить флажок Frequency Offset on/off (вкл/откл смещение частоты), затем щёлкнуть по клавише OK.

Примечание: следующие уравнения не требуются для частот ниже 20 ГГц. На низких частотах смесители анализатора цепей серии PNA используют смещение на основной частоте, и частота гетеродина смещается на 8,33 МГц автоматически.

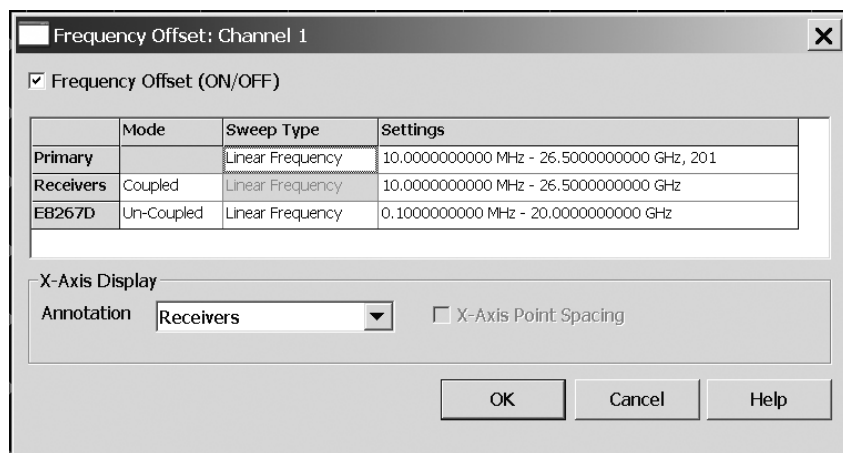


Рисунок 25. Диалоговое окно опции 080.

### Использование выхода источника порта 1 на передней панели анализатора цепей E836xС серии PNA в качестве входа гетеродина для 85309

Известно, что для смесителя  $PЧ = N \times f_H - f_C$   
 где N = номер гармоники внешнего смесителя  
 $f_H$  - частота гетеродина  
 $f_C$  - частота ВЧ-сигнала

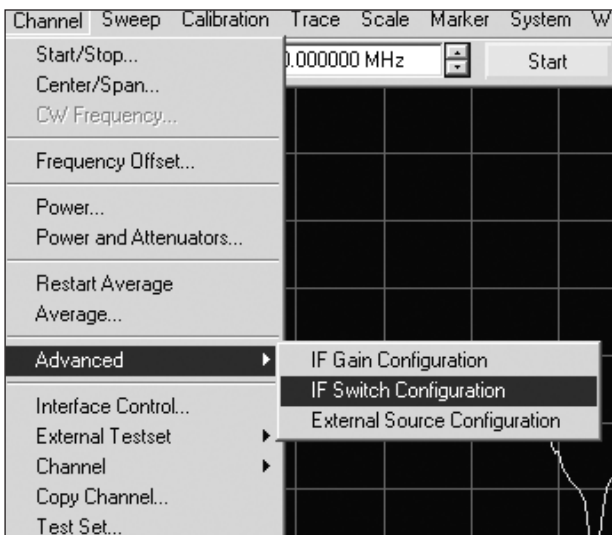
Поскольку ПЧ = 8,33 МГц, имеем  $8,33 = N \times f_H - f_C$   
 $f_H (МГц) = (f_C + 8,33)/N$

Для установки частоты гетеродина 85309В следует просто настроить выход источника анализатора цепей серии PNA на частоту гетеродина, вычисленную выше.

### Включение опции H11 в анализаторе цепей серии PNA и PNA-X

Хотя опция H11 установлена, необходимо убедиться в том, что переключатель ПЧ установлен в правильное положение для нормального функционирования этой опции.

Для PNA: выбрать Channel > Advanced > IF Switch Configuration  
 Затем выбрать External для обоих входов ПЧ (IF Input)



Для PNA-X: выбрать Channel > Hardware Setup > If Switch Config

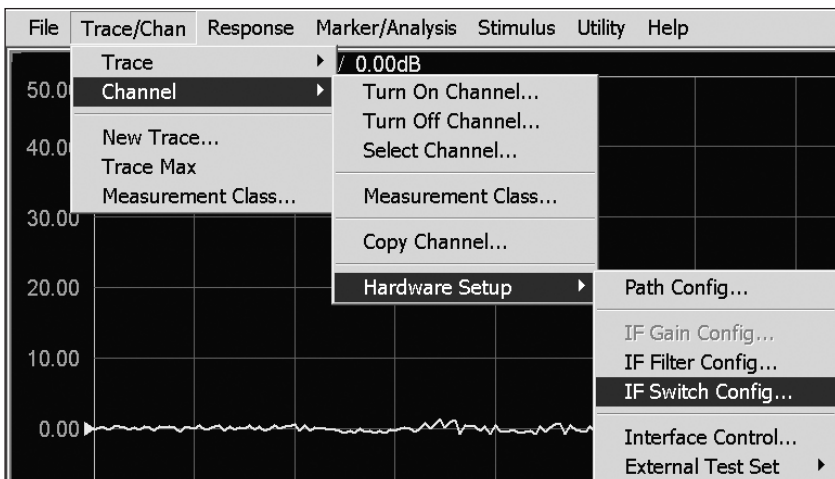


Рисунок 26. Включение внешних входов ПЧ

## Сбор данных в ближней зоне

Частотное мультиплексирование в процессе сканирования/сбора данных может вызвать смещение прямоугольной сетки сбора данных ближней зоны между прямым и обратным сканированием. Это вносит ошибку в набор измеренных в ближней зоне данных, которые используются для синтеза диаграммы направленности в дальней зоне. Один из способов исключения этой ошибки заключается в проведении сбора данных измерений в одном и том же направлении, однако это решение удваивает общее время сбора данных. Другой подход предусматривает частотное сканирование в обратном направлении при смене направления сканирования. Использование обратного свипирования в сочетании с правильным запуском при прямом и обратном проходах гарантирует, что каждый набор частотных данных пространственно упорядочен в пределах прямоугольной сетки. Этот способ требует от источника ВЧ-сигнала возможности работы в режиме списка частот, которые расположены в обратном порядке. Анализаторы цепей серии PNA предусматривают обратное свипирование и запуск по перепаду, специально предназначенные для антенных измерений.

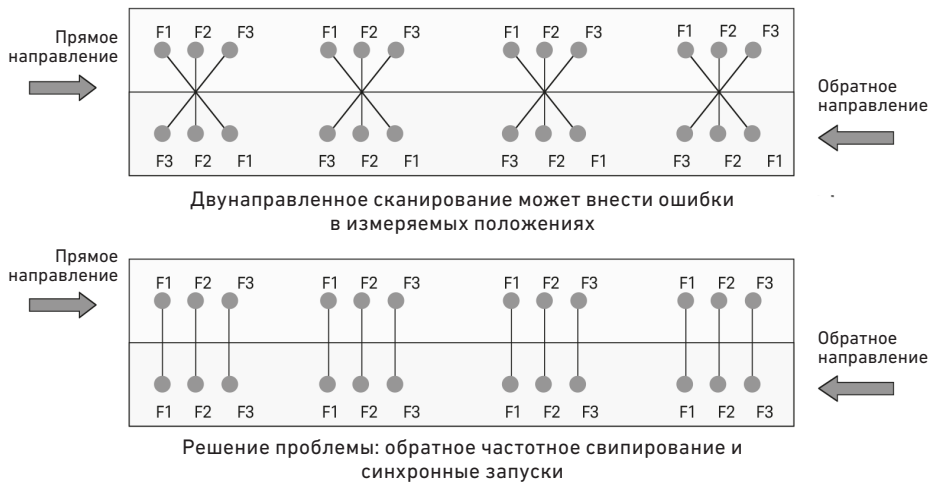


Рисунок 27. Обратное свипирование и синхронные запуски.

## Функциональное тестирование

Для проверки правильности конфигурирования анализатора цепей серии PNA с внешним источником с целью проведения антенных измерений предусмотрена специальная служебная программа. Эта служебная программа конфигурирует анализатор цепей серии PNA в качестве приёмника, который связывается с внешними источниками по шине GPIB. Запуск осуществляется путём обмена сигналами взаимодействия между анализатором цепей серии PNA и внешними источниками с использованием входов и выходов запуска, совместимых с ТТЛ, приборов серий PNA и PSG. Программа не проверяет технические характеристики, но оказывается полезной в определении правильности установления соединения между анализатором и источником.

Загрузить программу можно с сайта по ссылке: <http://na.tm.keysight.com/pna/antenna>.

## 4. Переход от серии 8510/8530 к серии PNA

### Переход от систем измерения параметров антенн на основе серии 8510/8530 к системам на основе анализаторов цепей серии PNA

В таблице 3 показаны различные составляющие систем измерения параметров антенн, основанные на анализаторах цепей серии 8510/8530, и рекомендуемые замены. При рекомендованных в списке ниже заменах некоторые интерфейсные требования отличаются. См. интерфейсные требования (страница 44) в разделе “Анализ проблем разработки системы измерения параметров антенн”.

Таблица 3. Перекрёстные ссылки для систем на основе серии 8510/8530 при переходе на системы на основе анализаторов цепей серии PNA

Системные компоненты	Описание	Рекомендуемое решение серии PNA	Описание
8510C	Анализатор цепей	Определяется измерительным блоком	
8510C-008	Анализатор цепей с функцией измерений в импульсном режиме	Определяется измерительным блоком	
8514B	Измерительный блок от 45 МГц до 20 ГГц	E8362C	От 10 МГц до 20 ГГц
8515A	Измерительный блок от 45 МГц до 26,5 ГГц	N5242A/E8353C	От 10 МГц до 26,5/40 ГГц
8517B	Измерительный блок от 45 МГц до 50 ГГц	E8364C	От 10 МГц до 50 ГГц
85110A	Измерительный блок от 2 до 20 ГГц для измерения S-параметров в импульсном режиме	N5242A с опциями 021, 025 и 008	От 10 МГц до 26,5 ГГц
85110L	Измерительный блок от 45 МГц до 2 ГГц для измерения S-параметров в импульсном режиме	N5242A с опциями 021, 025 и 008	От 10 МГц до 26,5 ГГц
8530A	СВЧ-приёмник	Измерительный приёмник N5264A	От 10 МГц до 26,5 ГГц
8511A	Преобразователь частоты от 45 МГц до 26,5 ГГц	N5280A	Преобразователь с понижением частоты от 10 МГц до 26,5 ГГц
8511B	Преобразователь частоты от 45 МГц до 50 ГГц	N5281A	Преобразователь с понижением частоты от 10 МГц до 50 ГГц
85105A	Контроллер миллиметрового диапазона	N5260A	Контроллер миллиметрового диапазона и внешнее оборудование
Q85104A	Модуль измерительного блока от 33 до 50 ГГц	E8364C или головка OML	От 10 МГц до 50 ГГц
U85104A	Модуль измерительного блока от 40 до 60 ГГц	E8361C или головка OML	От 10 МГц до 67 ГГц
V85104A	Модуль измерительного блока от 50 до 75 ГГц	N5250A или головка OML	От 10 МГц до 110 ГГц
W85104A	Модуль измерительного блока от 75 до 110 ГГц	N5250A или головка OML	От 10 МГц до 110 ГГц
Серия 8360	Источники ВЧ-сигналов	Не требуются	

## Технические услуги, оказываемые компанией Keysight при переходе от серии 8510/8530 к анализаторам цепей серии PNA

Для заказчиков, работающих в настоящее время с анализаторами цепей серий 8510/8530, компания Keysight предлагает широкий спектр технических услуг, включающий обучение, преобразование кодов и/или разработку плана проведения испытаний. Эти услуги позволяют воспользоваться преимуществами и превосходными характеристиками анализаторов цепей серии PNA.

Эксперты по анализаторам цепей компании Keysight помогут сэкономить время и средства, работая вместе с заказчиками для обеспечения быстрого и удобного перехода от измерительных приборов серии 8510 и преобразования кода тестовых программ.

Таблица 4. Рекомендуемые консалтинговые услуги

Сценарий перехода	Рекомендуемая услуга	Описание
Для пользователей, переходящих от анализаторов цепей серии 8510 к новым техническим решениям на базе анализаторов цепей серии PNA	H7215B-203	Курс обучения работе с анализаторами цепей серии PNA
Для программистов, преобразующих код тестовых программ автоматизированных систем на базе анализаторов цепей серии 8510, при переходе к техническим решениям на базе анализаторов цепей серии PNA	R1362A-116	Услуга по преобразованию кода тестовых программ, написанных для анализаторов цепей серии 8510, в код для анализаторов цепей серии PNA
	H7215B-204	Курс обучения по программированию с использованием языка SCPI для управления анализаторами цепей серии PNA
	H7215B-205	Курс обучения по программированию с использованием технологии COM для управления анализаторами цепей серии PNA
Для инженеров, разрабатывающих планы проведения испытаний с использованием новых функций высокопроизводительных анализаторов цепей серии PNA	R1361A-112	Услуга по разработке плана проведения испытаний с использованием анализаторов цепей

Примечание: дополнительные консалтинговые услуги можно приобрести во время покупки прибора или позднее посредством заказа продукта под кодовым номером PS-S20-100.

### Примеры перехода

При переходе от серии 8510/8530 к анализаторам цепей серии PNA важно учитывать разницу в уровнях мощности, скорости и чувствительности между анализаторами.

В конфигурациях с выносом смесителей, использующих опцию H11, предельно допустимый уровень мощности анализаторов цепей серии PNA значительно меньше, чем у анализаторов цепей серии 8510/8530. При помощи включения аттенюаторов между 85309B и входами опции H11 необходимо убедиться в том, что мощность, поступающая на анализатор, не будет превышать -27 дБм. Подробнее см. подраздел “Опция H11 - доступ к ПЧ” выше в этом документе.

Внутренний источник анализаторов цепей серии PNA повышает скорость измерения по сравнению с внешним, однако он не всегда удобен в использовании.

В анализаторах цепей серий PNA, PNA-L и PNA-X предусмотрена регулировка полосы ПЧ, полоса ПЧ в серии 8510/8530 фиксирована. Регулируя полосу ПЧ в анализаторах цепей серий PNA, PNA-L и PNA-X, можно изменять чувствительность.

Для наиболее быстрого дистанционного управления анализаторами цепей серии PNA или PNA-X рекомендуется использовать программирование по технологии COM. См. подраздел “Автоматизация измерений” документа. Для получения дополнительной помощи по программированию рекомендуется обратиться к инженеру компании Keysight.

Следующие два примера концептуально показывают, как перевести систему измерения параметров антенн с серии 8510/8530 к системам на базе анализаторов цепей серии PNA или PNA-X. Поскольку каждая система обладает индивидуальными особенностями, невозможно показать все требуемые изменения. См. раздел “Анализ проблем разработки системы измерения параметров антенн” выше в этом документе. Для получения дополнительной помощи рекомендуется обратиться к инженеру по прикладным системам компании Keysight.

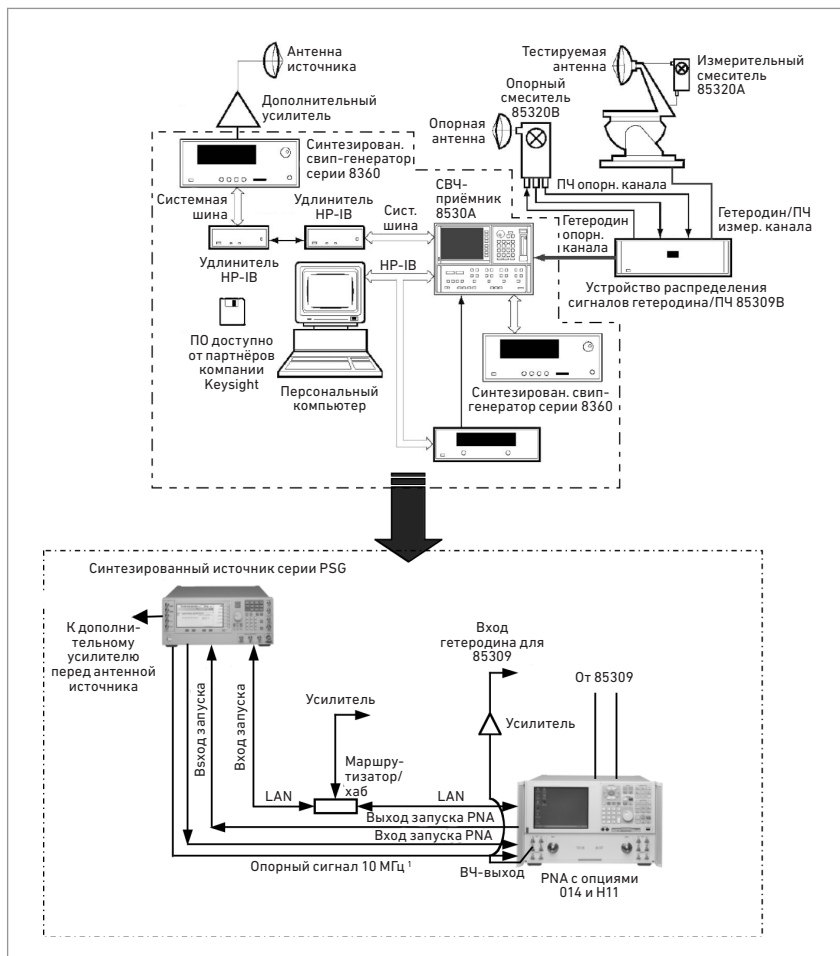


Рисунок 28. Перевод системы для дальнейшей зоны с 85301 на серию PNA.

1. При решении прикладных задач, связанных с большими расстояниями между антеннами, возможно использование двух приёмников системы глобального позиционирования (GPS) для получения опорного сигнала 10 МГц.

### Примеры перехода (продолжение)

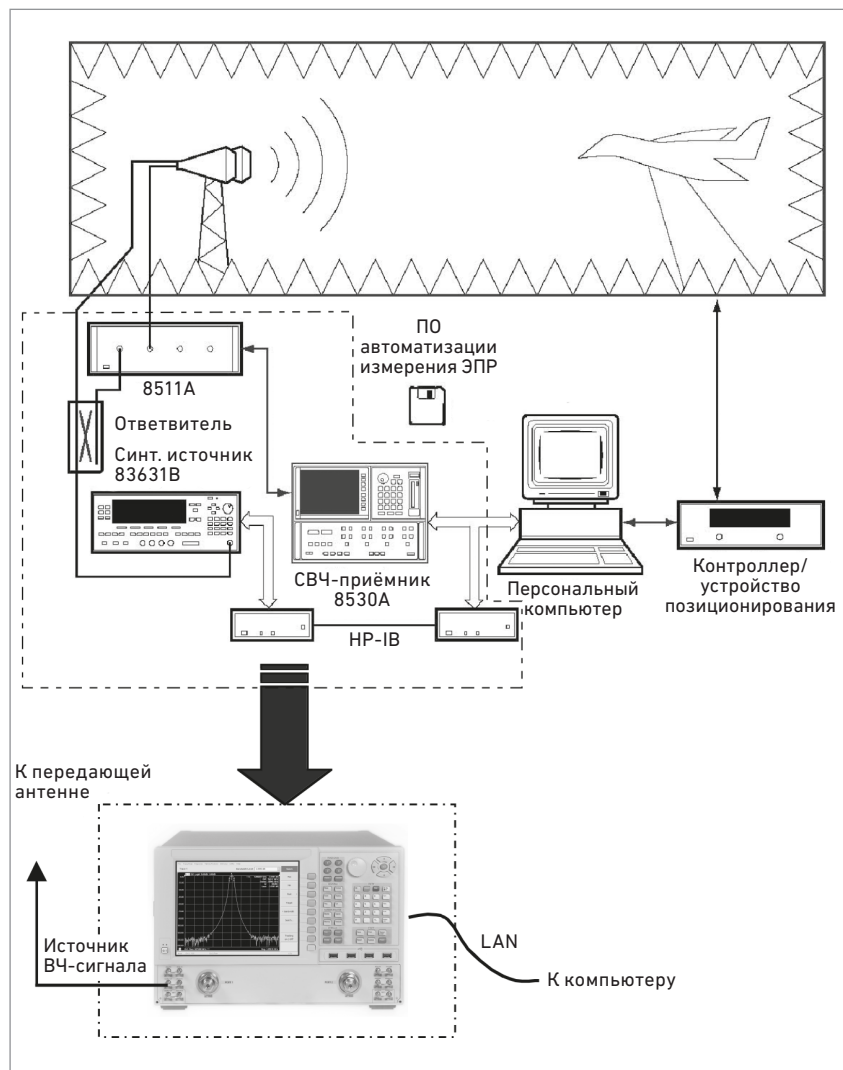


Рисунок 29. Переход от системы измерения ЭПР 85301 к анализатору цепей N5242A серии PNA-X.

## 5. Каталог компонентов для измерений параметров антенн

### СВЧ-анализаторы цепей

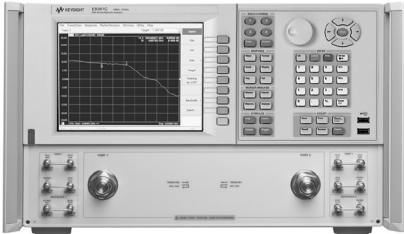


Рисунок 30. Анализатор цепей E836xC серии PNA, снятый с производства.

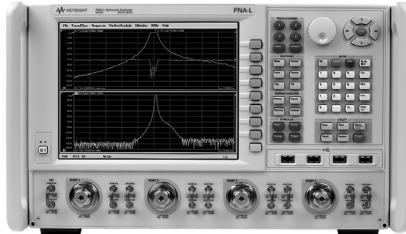


Рисунок 31. Анализатор цепей N523xA серии PNA.

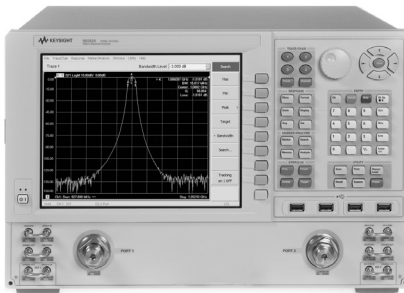


Рисунок 32. Анализатор цепей N5242A серии PNA-X.

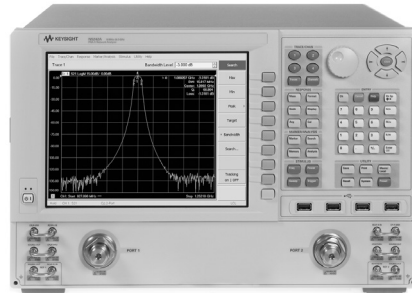


Рисунок 33. Анализатор цепей N5222A серии PNA.

### Анализаторы цепей серии PNA

СВЧ-анализаторы цепей серии PNA оснащены встроенным измерительным блоком S-параметров, синтезированными источниками, накопителями на жёстких и гибких магнитных дисках и ЖК-дисплеем. Они характеризуются высокой скоростью сбора данных, превосходной чувствительностью, широким динамическим диапазоном, наличием нескольких измерительных каналов и высокой скоростью переключения частоты - без ухудшения точности измерений. Перекрытие по частоте составляет от 10 МГц до 110 ГГц с расширением до 325 ГГц.

### Особенности

- Превосходная чувствительность за счёт архитектуры на основе смесителей. Кроме того, возможность выбора из 29 и более полос ПЧ позволяет выбрать оптимальное соотношение между чувствительностью и скоростью измерения.
- Чрезвычайно высокая скорость передачи данных достигается при использовании функций COM/DCOM.
- Гибкость, обеспечиваемая одновременным использованием 4 измерительных приёмников и 20001 точки в каждом графике.
- Возможность проведения измерений в импульсном режиме, в том числе с усреднением на выбранном участке в пределах длительности импульса (Point-in-pulse) при длительности импульса менее чем 33 нс.
- Съёмный накопитель на жестких магнитных дисках (НЖМД) обеспечивает защиту конфиденциальных данных.



## Опции

### Измерения во временной области - опция 010

В анализаторах цепей серии PNA предусмотрена возможность измерений во временной области. Временная область наиболее часто используется для определения местоположений источников отражений внутри безэховой камеры. Зная расстояния от антенны источника до источников отражений, оператор может определить расположение источников отражений, идентифицировать их и ослабить отражённые сигналы. На рисунке 34 показаны отклики во временной области компактного измерительного антенного полигона; идентифицированы различные источники отражений.

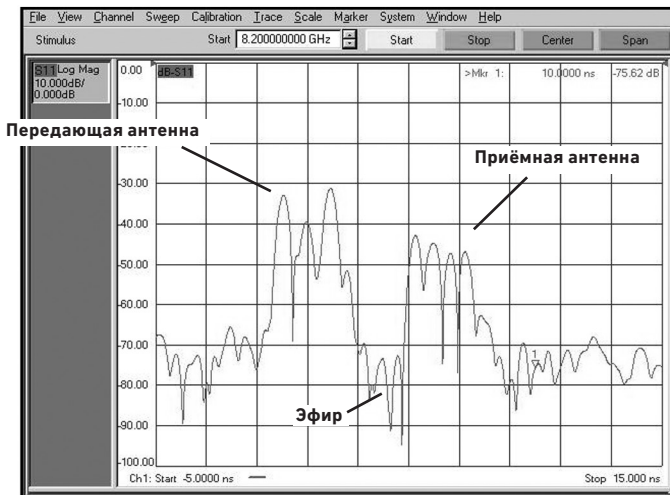


Рисунок 34. График характеристики во временной области.

Конфигурируемый измерительный блок - опция 014<sup>1</sup> для анализатора E836xC серии PNA Обеспечивает шесть кабельных перемычек передней панели. Три перемычки относятся к порту 1 и три - к порту 2. Эти перемычки обеспечивают доступ к сигнальным линиям между (а) выходом источника и опорным приёмником, (b) выходом источника и прямым каналом направленного ответвителя и (c) ответвлённым каналом направленного ответвителя и приёмником порта. Эта опция повышает чувствительность прибора при измерении слабых сигналов за счёт возможности обойти внутренние ответвители и подать измеряемые сигналы непосредственно на порт приёмника анализатора (см. типовую структурную схему в брошюре "СВЧ-анализаторы цепей серии PNA компании Keysight. Технические данные" (PNA Series Microwave Data Sheet), номер публикации 5988-7988RU.)

### Смещение частоты - опция 080<sup>1</sup>

Эта опция позволяет устанавливать в СВЧ-анализаторе цепей частоту источника независимо от настройки приёмника. Эта возможность полезна при измерениях параметров антенн, если измерительная система содержит выносные смесители и для измерений ЭПР в импульсном режиме.

### Доступ к ПЧ - опция H11 для анализатора E836xC серии PNA

Обеспечивает аппаратный временной селектор ПЧ и аппаратные средства, позволяющие проводить измерения параметров антенн и широкополосные измерения в миллиметровом диапазоне до 110 ГГц. Для каждого из измерительных приёмников анализатора цепей серии PNA добавляются временной селектор ПЧ (активируется функцией измерений в импульсном режиме, опция 008) и внешние входы ПЧ. Кроме того, для приложений с выносом смесителей обеспечивается доступ к внутренним источникам ВЧ-сигнала и сигнала гетеродина анализатора цепей серии PNA. Опция H11 полезна для измерений параметров антенн с использованием внешних смесителей. Использование внешнего доступа к ПЧ повышает чувствительность максимум до 20 дБ при измерениях параметров антенн в конфигурациях с выносом смесителей. Опция 008 также необходима для измерений параметров антенн в импульсном режиме. Широкополосные измерения до 110 ГГц требуют использования контроллера миллиметрового диапазона N5260A и измерительных головок. Для функционирования опции H11 необходимо наличие опций 014, 080, 081 и UNL.

1. До 67 ГГц.

## Опции (продолжение)

Входы ПЧ для измерений параметров антенн и измерений в миллиметровом диапазоне - опция 020 для анализаторов цепей N522xA серии PNA и N524xA серии PNA-X

Опция доступа к ПЧ анализатора цепей серии PNA-X обеспечивает доступ к тракту сигнала ПЧ анализатора цепей для различных задач, включая измерения параметров антенн и расширение диапазона частот выше 26,5 ГГц.

С опцией доступа к ПЧ инженеры могут использовать сигнал ПЧ 10,7 МГц, сгенерированный внешним источником, и обойти первый внутренний преобразователь частоты PNA-X для достижения максимальной чувствительности с выносными смесителями при проведении измерений параметров антенн. Объединив опцию доступа к ПЧ с опцией измерений со смещением частоты и расширенной функцией запуска, которая поддерживает синхронизацию с внешними генераторами сигналов, можно добиться исключительно точных результатов измерений параметров антенн и ЭПР гораздо быстрее.

При проведении измерений параметров антенн в конфигурации с выносом смесителей возможно повышение чувствительности на величину до 20 дБ. Если анализатор цепей серии PNA-X снабжён опцией 020 и контроллером миллиметрового диапазона N5260A, его можно сконфигурировать для проведения широкополосных измерений в диапазоне частот от 10 МГц до 110 ГГц.

Импульсный модулятор для первого источника - опция 021 для анализаторов цепей N522xA серии PNA и N524xA серии PNA-X  
Опция 021 анализатора цепей серии PNA-X добавляет функцию внутренней импульсной модуляции к первому внутреннему источнику для измерений импульсных ВЧ-сигналов в диапазоне частот от 10 МГц до 26,5 ГГц.

С опцией 021 анализатор цепей серии PNA-X обеспечивает импульсный тестовый сигнал на порте 1, который позволяет проводить измерения в импульсном режиме в прямом направлении. Посредством объединения внутренних импульсных генераторов (опция 025) и приложения для измерений в импульсном режиме (опция 008) анализатор цепей серии PNA-X можно сконфигурировать в виде полностью интегрированной, быстрой и точной системы, которая обеспечивает полные возможности измерений в импульсном режиме, такие как измерения с усреднением по всей длительности импульса (Average Pulse), усреднением на выбранном участке в пределах длительности импульса (point-in-pulse) и измерения профиля импульса.

Четыре внутренних импульсных генератора - опция 025 для анализаторов цепей N522xA серии PNA и N524xA серии PNA-X  
Опция 025 добавляет четыре выхода внутренних импульсных генераторов для управления внутренними или внешними импульсными модуляторами и селекторами ПЧ для измерений импульсных ВЧ-сигналов или для установки состояний устройств.

Каждый импульсный генератор может управляться независимо из прикладной программы измерений в импульсном режиме опции 008, либо через интерфейс дистанционного управления. Импульсные сигналы от четырёх генераторов доступны на соединителе Pulse I/O типа Dsub на задней панели анализатора цепей серии PNA-X. При использовании внешних импульсных модуляторов рекомендуется применение адаптера ввода-вывода импульсов N1966A.

Посредством объединения внутренних импульсных модуляторов (опция 021/022) и приложения для измерений в импульсном режиме (опция 008) анализатор цепей серии PNA-X можно сконфигурировать в виде полностью интегрированной, быстрой и точной системы, которая обеспечивает широчайшие возможности измерений в импульсном режиме, в том числе измерения с усреднением по всей длительности импульса (Average Pulse), усреднением на выбранном участке в пределах длительности импульса (point-in-pulse) и измерения профиля импульса.

Источник сигнала гетеродина 26,5 ГГц - опция 108 для анализаторов цепей N522xA серии PNA и N524xA серии PNA-X  
Опция источника сигнала высокой выходной мощности может использоваться в качестве источника сигнала гетеродина для выносных смесителей и преобразователей частоты.

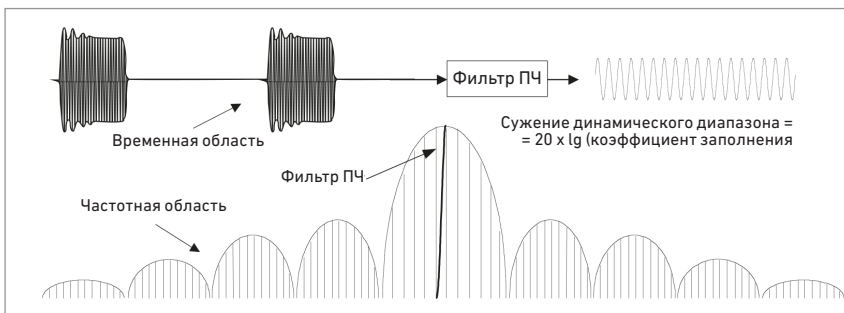
Режим свипирования Fast CW - опция 118 для анализаторов цепей N522xA серии PNA и N524xA серии PNA-X  
Режим свипирования Fast CW обеспечивает очень высокую скорость сбора данных 400000 точек в секунду одновременно по пяти измерительным приёмникам.

## Измерения в импульсном режиме (опция 008)<sup>1</sup>

В приёмнике серии анализаторов цепей PNA предусмотрена дополнительная функция измерений в импульсном режиме (опция 008). Эта опция предоставляет прикладную программу для настройки и управления измерениями импульсных ВЧ-сигналов с возможностью измерений с усреднением на выбранном участке в пределах длительности импульса (point-in-pulse) и профиля импульса.

Компания Keysight разработала новый способ достижения узкополосного детектирования с использованием более широких, по сравнению с обычными, полос ПЧ при помощи уникального метода “спектрального обнуления”. Этот метод даёт возможность повысить скорость измерений за счет уменьшения динамического диапазона по сравнению со скоростью, достигаемой при обычной фильтрации. Преимуществом узкополосного детектирования является то, что оно не ограничивает длительность импульса, поскольку не имеет значения, насколько велика ширина спектра импульса. Большая часть этого спектра отфильтровывается в любом случае, остаётся только центральная спектральная составляющая. Недостатком узкополосного детектирования является зависимость динамического диапазона измерения от коэффициента заполнения. При уменьшении коэффициента заполнения (удлинении интервала между импульсами), средняя мощность импульсов падает, вызывая уменьшение отношения сигнал/шум. В этом случае при увеличении коэффициента заполнения динамический диапазон сужается. Это явление часто называется “импульсной десенсибилизацией” (потерей чувствительности). Сужение динамического диапазона (в дБ) может быть выражено как  $20 \times \lg$  (коэффициент заполнения).

Рисунок 35. Временная область.



Временные селекторы ПЧ, обеспечиваемые опцией H11, могут использоваться только при наличии опции 008. Опция 008 содержит все разработанные компанией Keysight алгоритмы, необходимые для реализации метода спектрального обнуления, используемого с узкополосным детектированием. Опция 008 также управляет импульсным генератором (генераторами), используемым(и) в системе, и осуществляет измерения профиля импульса. Опция 008 поставляется с двумя программными компонентами. Одной из них является динамически подключаемая библиотека (DLL), которая работает как “подпрограмма” и требуется для автоматизированных измерений. Другая часть представляет собой приложение Visual Basic (VB), запускаемое в анализаторе цепей серии PNA. Приложение VB используется для автономного настольного применения прибора. Оно взаимодействует с DLL и посылает соответствующие команды в анализатор цепей серии PNA и импульсный (импульсные) генератор(ы). Запуск приложения VB присваивается одной из макроклавиш анализатора цепей серии PNA для быстрого доступа.

В таблице 1 раздела 3 приведён перечень анализаторов цепей серии PNA, их диапазоны частот, уровни мощности и чувствительность. Дополнительные параметры см. в брошюре, содержащей технические данные анализаторов цепей серии PNA, номер публикации 5988-7988EN.

Более подробную информацию о возможностях измерений в импульсном режиме с использованием СВЧ-анализаторов серии PNA см. на web-сайте компании Keysight [www.keysight.com/find/pna](http://www.keysight.com/find/pna), откуда можно загрузить документ *PNA Series MW Network Analyzers Configuration Guide for Pulsed Measurements* (Руководство по конфигурированию СВЧ-анализаторов цепей серии PNA для измерений в импульсном режиме), номер публикации 5988E9833EN. Дополнительная информация содержится в рекомендациях по применению 1408-11, номер публикации 5989-0563EN, и в брошюре *Pulsed Antenna Measurements Using PNA Network Analyzers* (Измерения параметров антенн в импульсном режиме с использованием анализаторов цепей серии PNA), номер публикации 5989-0221EN.

## Анализаторы цепей серии PNA-L

Анализаторы цепей серии PNA-L имеют множество таких же высоких характеристик, как и анализаторы цепей серии PNA, но отличаются в следующем.

Опции H11 (доступ к ПЧ) и 008 (функция измерения импульсных ВЧ-сигналов) отсутствуют. Анализаторы цепей серии PNA-L не могут быть расширены для работы в миллиметровом диапазоне длин волн.

Анализаторы цепей серии PNA-L позволяют устанавливать полосу ПЧ шире, чем в серии PNA, и имеют преимущество перед серией PNA в быстродействии. Они имеют несколько меньшую чувствительность, чем анализаторы цепей серии PNA (см. сравнение характеристик чувствительности в таблице 1 в разделе 3).

Дополнительную информацию и технические характеристики см. в брошюре, содержащей технические данные анализаторов цепей серии PNA-L, номер публикации 5989-0514EN.

## Анализаторы цепей серии ENA

Отличия анализаторов цепей серии ENA от анализаторов цепей серии PNA.

Опции H11 (доступ к ПЧ) и 008 (функция измерения импульсных ВЧ-сигналов) и 014 (конфигурируемый измерительный блок) отсутствуют. Серия ENA ограничена частотой 8,5 ГГц и не может быть расширена для работы в миллиметровом диапазоне длин волн. Она также не имеет функций защиты данных.

Анализаторы цепей серии ENA является наиболее доступным техническим решением.

Дополнительную информацию и технические характеристики см. в брошюре, содержащей технические данные анализаторов цепей серии ENA, номер публикации 5988-3780EN.

## Источники сигналов



Рисунок 36. Генераторы сигналов серии PSG.



Рисунок 37. Генераторы сигналов серии MXG.

При выборе источника передатчика для антенного полигона наиболее важными характеристиками, которые следует принимать во внимание, являются диапазон частот и выходная мощность. Следует учитывать также требования по частоте, которые могут возникнуть в будущем. Компания Keysight предлагает широкий выбор генераторов сигналов с различными диапазонами частот и уровнями выходной мощности. Для некоторых задач нужно также принимать во внимание скорость переключения частоты. Генераторы сигналов компании Keysight обеспечивают различные скорости переключения. Компания Keysight предлагает опции, гарантирующие время установления менее чем 1 мс. В таблице 5 представлены ключевые характеристики источников. Если систему предполагается использовать для измерений параметров антенн в импульсном режиме, необходимо заказать опцию UNU (импульсная модуляция) или опцию UNW (узкополосная импульсная модуляция).

## Источники сигналов (продолжение)

Таблица 5. Источники сигналов

Источник сигналов	Диапазон частот	Выходная мощность на макс. частоте	Большая выходная мощность (опция 1EA) на макс. частоте (тип.)
<b>Аналоговые генераторы сигналов PSG</b>			
E8257D-520	От 250 кГц до 20 ГГц	+15 дБм	+23 дБм
E8257D-532	От 250 кГц до 32 ГГц	+11 дБм	+17 дБм
E8257D-540	От 250 кГц до 40 ГГц	+11 дБм	+17 дБм
E8257D-550	От 250 кГц до 50 ГГц	+5 дБм	+14 дБм
E8257D-567	От 250 кГц до 67 ГГц	+5 дБм	+14 дБм
<b>Аналоговые генераторы сигналов MXG</b>			
N5183A-520	От 100 кГц до 20 ГГц	+11 дБм	+18 дБм
N5183A-532	От 100 кГц до 32 ГГц	+7 дБм	+12 дБм
N5183A-540	От 100 кГц до 40 ГГц	+7 дБм	+12 дБм
<b>Векторные генераторы сигналов PSG</b>			
E8267D-520	От 250 кГц до 20 ГГц	+18 дБм (+22 дБм)	Неприменимо
E8267D-532	От 250 кГц до 32 ГГц	+14 дБм (+18 дБм)	Неприменимо
E8267D-544	От 250 кГц до 44 ГГц	+10 (+13 дБм)	Неприменимо

Для получения дополнительной информации по генераторам сигналов серий MXG и PSG посетите web-сайт компании Keysight:

[www.keysight.com/find/N5183A](http://www.keysight.com/find/N5183A)

[www.keysight.com/find/PSG](http://www.keysight.com/find/PSG)

Для получения брошюр с техническими данными и дополнительных подробностей посетите web-сайт компании Keysight: [www.keysight.com/find/na](http://www.keysight.com/find/na)

## Преобразователи частоты



Рисунок 38. Устройство распределения сигналов гетеродина/ПЧ 85309В и модули смесителей 85320А/В.

Устройство распределения сигналов гетеродина/ПЧ 85309В и модули смесителей 85320А/В преобразуют СВЧ-сигнал в сигнал ПЧ, который может быть измерен анализатором цепей серии PNA. Для преобразования с понижением частоты СВЧ-сигнала распределённый преобразователь частоты использует внешние смесители. Эти смесители могут располагаться непосредственно около тестируемой антенны. Полоса рабочих частот зависит от диапазона частот выбранных внешних смесителей.

### Особенности

- Позволяет размещать смесители на тестируемой антенне, что обеспечивает минимальные ВЧ-потери в кабелях
- Обеспечивает смещение на основной частоте до 18 ГГц для обеспечения наилучшей чувствительности
- Обеспечивает наиболее эффективное подавление нежелательных паразитных сигналов

### Описание

Устройство распределения сигналов гетеродина/ПЧ 85309В содержит гетеродинные усилители, которые усиливают сигнал гетеродина, поступающий к смесителям по ВЧ-кабелям. Большая выходная мощность этих сигналов позволяет размещать смесители на удалении до семи и более метров от 85309В. Поскольку в устройстве 85309В используются отдельные усилители сигналов гетеродина для каждого канала, изоляция между каналами составляет 100 дБ, что позволяет снизить до минимума просачивание сигнала из опорного канала в измерительный и повысить точность измерений. В устройстве распределения сигналов гетеродина/ПЧ 85309В также имеются усилители сигнала ПЧ, которые служат в качестве предусилителей приёмника, значительно снижая общий коэффициент шума системы.

С целью поддержания оптимальных уровней сигналов гетеродина для смесителей в опорном смесителе используется детектор автоматической регулировки мощности. Важно использовать кабели одинаковой длины как для измерительного, так и для опорного смесителей, чтобы кабели имели одинаковые потери и обеспечивали одинаковый уровень мощности сигналов гетеродина для обоих смесителей.

Внутренний фильтр в опорном канале ПЧ предназначен для пропускания частот ниже 20 МГц. Это позволяет пропускать подходящие сигналы ПЧ для опций 014 и H11 анализатора цепей серии PNA.

## Технические характеристики

Таблица 7. Технические характеристики 85309В

85309В (опция 40х):  
предельные значения выходной мощности для широкого (HIGH) диапазона частот

Выходная мощность сигналов гетеродина (мощность входных сигналов +6 дБм)	
Диапазон частот	Уровень мощности
От 0,3 до 0,5 ГГц	> +21,3 дБм
От 0,5 до 3 ГГц	> +22,4 дБм
От 3 до 6,2 ГГц	> +24,4 дБм
От 6,2 до 18 ГГц	> +22 дБм
Выходная мощность сигналов гетеродина (мощность входных сигналов 0 дБм)	
От 0,3 до 0,5 ГГц	> +21,3 дБм
От 0,5 до 3 ГГц	> +22,4 дБм
От 3 до 6,2 ГГц	> +24,4 дБм
От 6,2 до 18 ГГц	> +22 дБм

85309В (станд. комплектация или опция 001 или 002):  
предельные значения выходной мощности

Выходная мощность сигналов гетеродина (мощность входных сигналов +6 дБм)	
Диапазон частот	Уровень мощности
От 0,3 до 0,5 ГГц	> +21,6 дБм
От 0,5 до 3 ГГц	> +24,1 дБм
От 3 до 6,2 ГГц	> +26,3 дБм
От 6,2 до 18 ГГц	> +23,5 дБм
Выходная мощность сигналов гетеродина (мощность входных сигналов 0 дБм)	
От 0,3 до 0,5 ГГц	> +21,6 дБм
От 0,5 до 3 ГГц	> +23 дБм
От 3 до 6,2 ГГц	> +25 дБм
От 6,2 до 18 ГГц	> +23 дБм

85309В (опция 40х)  
предельные значения выходной мощности для узкого (LOW) диапазона частот

Выходная мощность сигналов гетеродина (мощность входных сигналов +6 дБм)	
Диапазон частот	Уровень мощности
От 0,1 до 1 ГГц	> +14 дБм
Выходная мощность сигналов гетеродина (мощность входных сигналов 0 дБм)	
От 0,1 до 1 ГГц	> +13 дБм

## Расстояния до выносных смесителей

Смесители требуют определённого уровня мощности возбуждения сигнала гетеродина; максимальная длина кабелей определяется выходной мощностью устройства распределения сигналов гетеродина/ПЧ 85309В и потерями в кабелях. Максимальная длина кабелей может быть вычислена при помощи следующих выражений:

Длина кабеля (от источника до 85309В) (м) =  $(P_{\text{вых}} \text{источника} - P_{\text{вх}}85309В) /$   
(потери в кабеле/м на заданной частоте)

Длина кабеля (от 85309А до смесителя) (м) =  $(P_{\text{вых}} 85309В - P_{\text{вх}}\text{смесителя}) /$   
(потери в кабеле/м на заданной частоте)

На следующей диаграмме показаны уровни мощности для различных конфигураций смесителей.

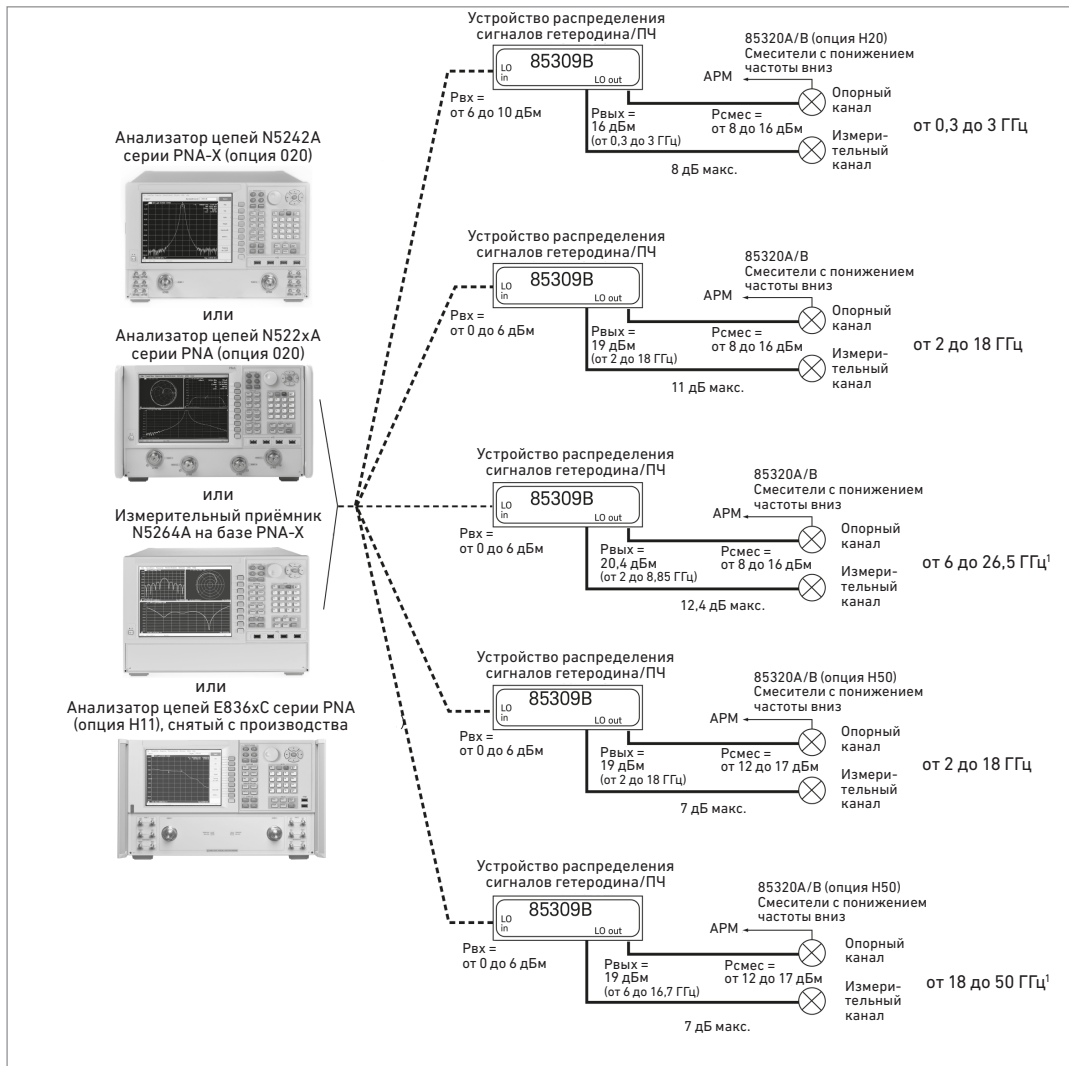


Рисунок 39. Конфигурации с выносными смесителями и устройством 85309В.

**Опции 85309В**

85309В (стандартная комплектация)	Обеспечивает один измерительный и один опорный канал
85309В (опция 001)	Добавляет один измерительный канал; в сумме обеспечивает два измерительных и один опорный канал.
85309В (опция 002)	Добавляет два дополнительных измерительных канала; в сумме обеспечивает три измерительных и один опорный канал.
85309В (опция 400)	Узкий (Low) и широкий (High) диапазоны частот; один измерительный канал с узким (Low) диапазоном частот от 0,1 до 1 ГГц и широким (High) диапазоном частот от 0,3 до 18 ГГц. В сумме обеспечивает один измерительный и один опорный канал.
85309В (опция 401)	Узкий (Low) и широкий (High) диапазоны частот, два измерительных канала с узким (Low) диапазоном частот от 0,1 до 1 ГГц и широким (High) диапазоном частот от 0,3 до 18 ГГц. Добавляет один измерительный канал. В сумме обеспечивает два измерительных и один опорный канал.
85309В (опция 402)	Узкий (Low) и широкий (High) диапазоны частот, три измерительных канала
Опция 1СМ	Комплект для монтажа в стойку без ручек
Опция 1СР	Комплект для монтажа в стойку с ручками

1. Смесители работают на третьей гармонике



### Специальные опции

Иногда для решения какой-то прикладной задачи требуется расположить смесители дальше, чем позволяет стандартная комплектация 85309В. Большие расстояния требуют большей выходной мощности для гетеродинов от 85309В. Компания Keysight предлагает несколько специальных опций, которые увеличивают выходную мощность для 85309В. См. раздел 85309В-N30 в этом документе.

### Дополнительная информация

Соединитель	Тип N, розетка
Условия эксплуатации	Рабочая температура: 0 to 55 °C
Нерабочие условия (хранение)	От -40 до 75 °C; относительная влажность от 5 до 90 %, без конденсации влаги.
Потребляемая мощность	От 47,5 до 66 Вт, от 100 до 120 или от 220 до 240 В (±10%); 125 ВА максимум
Масса	15,5 кг (34 фунта)
Габаритные размеры	460 мм (18,1 дюйма) (Ш) x 133 мм (5,25 дюйма) (В) x 533 мм (21 дюйм) (Г)

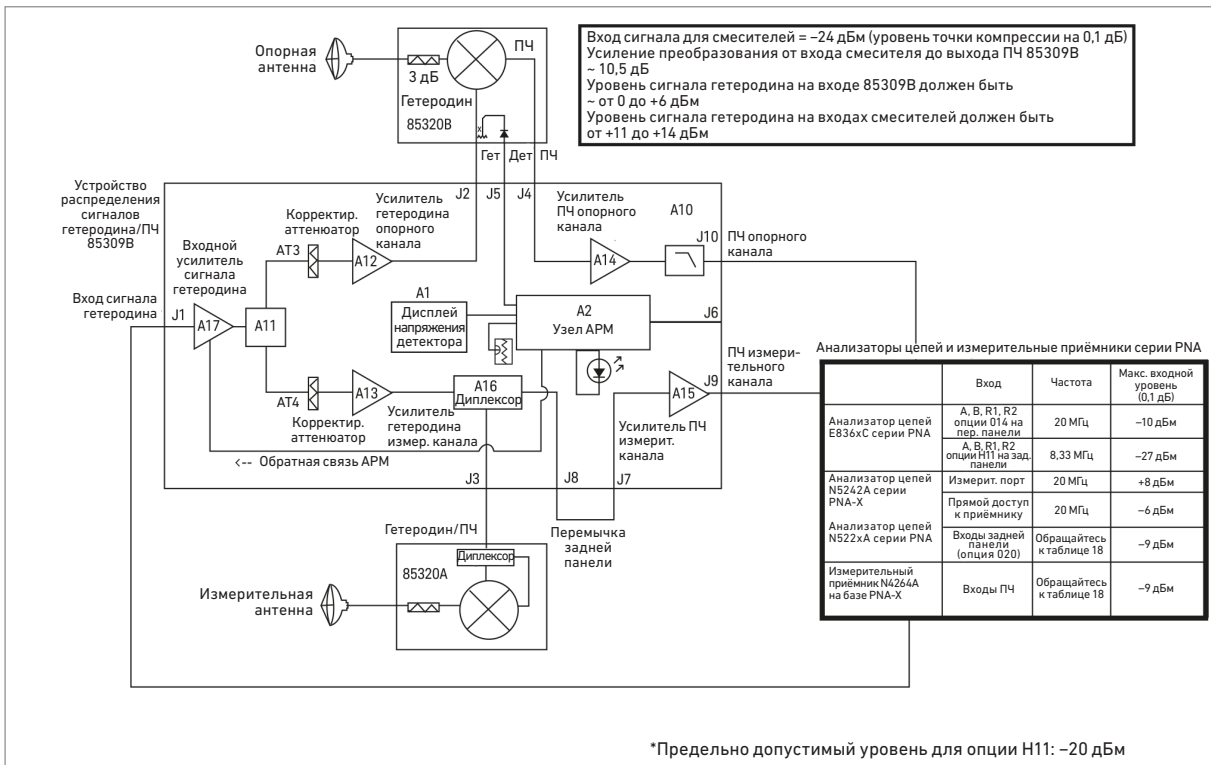


Рисунок 40. Структурная схема устройства распределения сигналов ПЧ/гетеродина 85309В.

## Модули смесителей 85320A/B



Рисунок 41. Модули смесителей 85320A/B.

Модули смесителей 85320A/B, 85320A/B-H20 и 85320A/B-H50 предназначены для работы с устройством распределения сигналов гетеродина/ПЧ 85309В. Каждый антенный полигон должен иметь один опорный смеситель (номера моделей В) и от одного до трёх измерительных смесителей (номера моделей А). В сочетании с 85309В смесители служат для преобразования СВЧ-сигналов вниз на частоту сигнала ПЧ для измерения анализатором цепей серии PNA.

### Особенности

Модули смесителей являются широкополосными и работают в различных диапазонах частот, которые обозначаются номером опции. Модули 85320A/B-H20 являются низкочастотными и работают в диапазоне частот от 300 МГц до 3 ГГц в режиме смещения на основной частоте. Модули 85320A/B работают в режиме смещения на основной частоте от 1 до 18 ГГц и могут использоваться на третьей гармонике в диапазоне частот от 6 до 26,5 ГГц. Модули 85320A/B-H50 работают в режиме смещения на основной частоте от 2 до 18 ГГц и на третьей гармонике от 18 до 50 ГГц. Режим смещения на основной частоте обеспечивает наименьшие потери преобразования и наивысшую чувствительность.

### Измерительные смесители 85320A

Измерители 85320A, 85320AEN20 и 85320AEN50 содержат диплексор, который объединяет вход гетеродина и выход ПЧ на один коаксиальный соединитель. Такое решение удобно для систем, использующих вращающееся сочленение.

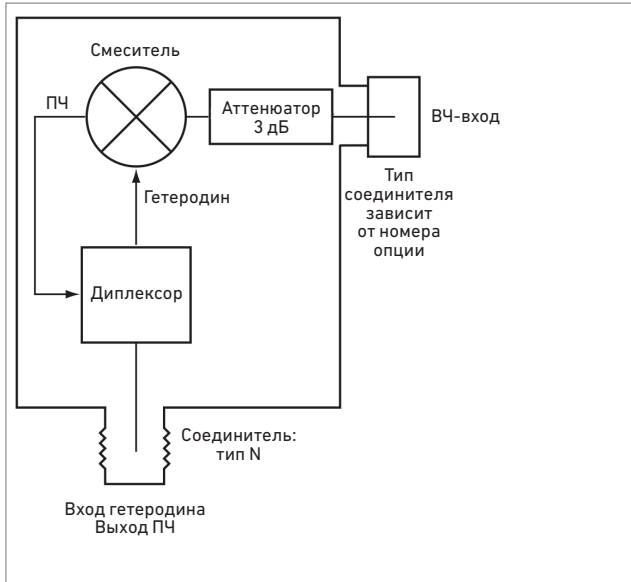


Рисунок 42. Измерительный смеситель 85320A.

### Опорные смесители 85320B

85320B, 85320B-H20 и 85320B-H50 содержат ответвитель и детектор, которые формируют сигнал для регулировки мощности в устройстве распределения сигналов гетеродина/ПЧ, обеспечивая постоянный уровень мощности гетеродина.

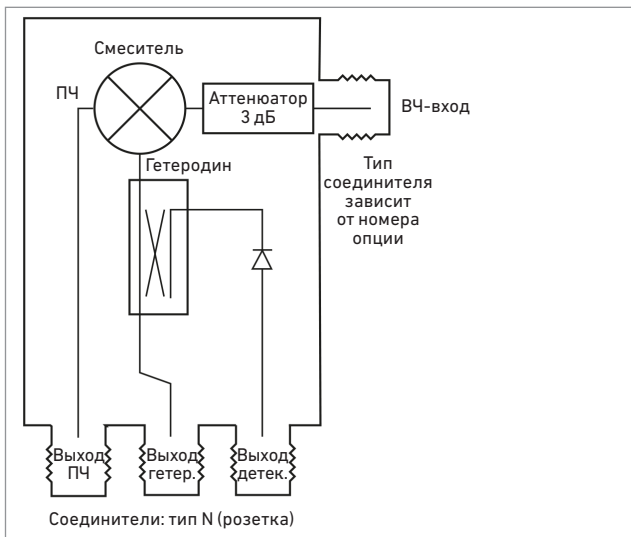


Рисунок 43. Опорный смеситель 85320B.

## Технические характеристики

### Диапазон частот

85320A/B-H20	Режим смещения на основной частоте	От 300 МГц до 3 ГГц
85320A/B	Режим смещения на основной частоте	От 1 до 18 ГГц
85320A-H50	Режим смещения на основной частоте	От 2 до 18 ГГц
85320A-H50	Режим преобразования на третьей гармонике	От 18 до 50 ГГц

### Максимальные входные уровни

Максимальное напряжение постоянного тока на входе	10 В
Максимальный уровень мощности на входах ВЧ-сигнала и гетеродина	+20 дБм (опция H20), +26 дБм (стандартная конфигурация, опция H50)

### Оптимальные входные уровни (при подключении к устройству распределения сигналов гетеродина/ПЧ 85309В)

Уровень мощности на входе гетеродина	От +11 до +14 дБм
Уровень мощности на входе ВЧ-сигнала	< -24 дБм

Таблица 9. Мощность сигнала гетеродина

	Частота гетеродина	Минимальный уровень мощности	Типовой уровень мощности	Максимальный уровень мощности
85320A/B-H20	0,3 to 3 ГГц	+8 дБм	+10 дБм	+16 дБм
85320A/B	1 to 18 ГГц	+7,5 дБм	+11 дБм	+16 дБм
85320A/B-H50	2 to 18 ГГц	+12 дБм	+14 дБм	+17 дБм

Таблица 10. Потери преобразования

	Диапазон частот	Гармоника гетеродина	Потери (тип.)	Потери (макс.)
85320A/B-H20	От 300 МГц до 3 ГГц	1	-10 дБ	-14 дБ
85320A/B	От 1 до 2 ГГц	1	-18,0 дБ	-22 дБ
	От 2 до 3 ГГц	1	-12,0 дБ	-16 дБ
	От 3 до 5 ГГц	1	-11,0 дБ	-15 дБ
	От 5 до 18 ГГц	1	-14,7 дБ	-17 дБ
	От 6 до 8 ГГц	3	-23,8 дБ	-26 дБ
	От 8 до 16 ГГц	3	-26,5 дБ	-28 дБ
85320A/B-H50	От 16 до 26,5 ГГц	3	-28,5 дБ	-33 дБ
	От 2 до 18 ГГц	1	-12 дБ	
	От 18 до 50 ГГц	3	-28 дБ	

## Технические характеристики (продолжение)

### Типы соединителей

ВЧ-вход	тип N, розетка (опция H20) 3,5 мм, вилка (стандартная комплектация) 2,4 мм, вилка (опция H50))
---------	--

Все остальные соединители	тип N, розетка
---------------------------	----------------

### Условия эксплуатации

Рабочие условия	От 0 до +55 °C От 0 до +45 °C (опция H50)
-----------------	--

Нерабочие условия (хранение)	От –40 до +75 °C; относительная влажность от 5 до 90% без конденсации влаги
------------------------------	---

### Габаритные размеры

85320A (исключая соединители)	97 мм (3,8 дюйма) Ш x 122 мм (4,8 дюйма) Г x 34 мм (1,3 дюйма) В: опции H20, H50 83 мм (3,25 дюйма) Ш x 122 мм (4,8 дюйма) Г x 33 мм (1,3 дюйма) В: стандартная комплектация
-------------------------------	---

85320B (исключая соединители)	97 мм (3,8 дюйма) Ш x 186 мм (7,3 дюйма) Г x 31 мм (1,2 дюйма) В: опции H20, H50 92 мм (3,6 дюйма) Ш x 185 мм (7,3 дюйма) Г x 25 мм (1,0 дюйма) В: стандартная комплектация
-------------------------------	--

### Масса

85320A-H20	700 г (1,52 фунта)
85320A	615 г (1,35 фунта)
85320A-H50	794 г (1,75 фунта)
85320B-H20	840 г (1,85 фунта)
85320B	840 г (1,85 фунта)
85320B-H50	1021 г (2,25 фунта)

## Преобразователь с понижением частоты N5280/1A



Рисунок 44. Передняя и задняя панель преобразователя с понижением частоты N5280A.

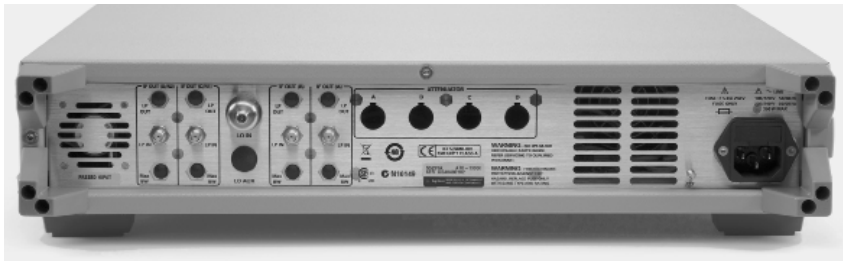


Рисунок 45. Задняя панель преобразователя с понижением частоты N5281A.

### Описание

Устройства N5280/1A компании Keysight представляют собой измерительные блоки, включающие четыре канала преобразователей с понижением частоты. Эти измерительные блоки используются с 2- или 4-портовым анализатором цепей N5242A серии PNA-X и измерительным приёмником N5264A компании Keysight. Преобразователи могут работать с другими СВЧ-принадлежностями (ответители, делители мощности). N5280/1A предоставляет удобные средства настройки конфигурации измерительной системы для различных приложений в пределах диапазонов частот от 10 МГц до 26,5 ГГц и от 10 МГц до 50,0 ГГц, соответственно.

### Особенности

- Четыре измерительных входа
- Исключительно низкий уровень собственных шумов в режиме смешения на основной частоте
- Широкий диапазон частот порта ПЧ: от 0,007 до 20 МГц (с перемычкой) или от 0,007 до 1,5 ГГц (без перемычки)
- Частота ПЧ 7 МГц для N5281A

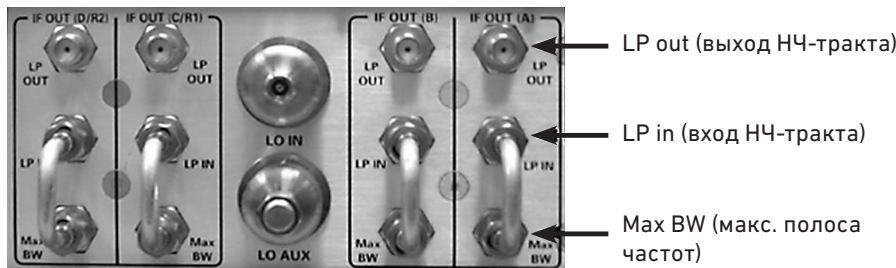


Рисунок 46. Задняя панель преобразователя с понижением частоты N5280A.

## Опции измерительного блока N5280/1A:

### N5280/1A имеет две доступные опции:

- Стандартная конфигурация – Без аттенюаторов во входных ВЧ-трактах.
- Опция 001 – Для уменьшения уровней мощности в ВЧ-трактах установлены четыре аттенюатора 35 дБ.

### Габаритные размеры N5280/1A

Масса: 11,4 кг (25 фунтов)  
 Высота: 8,9 см (3,5 фунта)  
 Ширина: 42,5 см (16,7 дюймов)  
 Глубина: 48,3 см (19 дюймов)

Таблица 11. Диапазоны частот и соединители N5280/1A

Порт	Диапазон частот	Соединители
Порт ВЧ-сигнала	От 0,01 до 26,5 ГГц/от 0,01 до 50 ГГц	3,5 мм (розетка)/ 2,4 мм (розетка)
Порт гетеродина	От 0,1 до 26,5 ГГц/от 0,01 до 26,5 ГГц	3,5 мм (розетка)/ 3,5 мм (розетка)
Порт сигнала ПЧ	От 0,007 до 20 МГц (с переключкой)/7 МГц От 0,007 до 1,5 ГГц (без переключки)/7 МГц	SMA (розетка)/ SMA (розетка)

Таблица 12. Максимальные уровни мощности N5280/1A

Максимальные уровни мощности входных сигналов	
Порт ВЧ-сигнала	+18 дБм/+18 дБм
Порт гетеродина	+5 дБм/+5 дБм
Уровень выходного сигнала ПЧ при макс. мощности входного ВЧ-сигнала (для уровня точки компрессии на 0,1 дБ) (тип.)	
Порты А-Д, фильтр 20 МГц	-21 дБм
Порты А-Д, макс. полоса частот	-1 дБм
N5242A, N5264A при 0,1 дБ (тип.)	-21 дБм
Компрессия сигнала ПЧ	

Таблица 13. Отслеживание приёмником N5280/1A ВЧ-сигнала

Погрешность отслеживания амплитуды на порте ВЧ-сигнала	
Частота	Значение
От 10 МГц до 20 ГГц	±1,0 дБ/±2,0 дБ
От 20 МГц до 22 ГГц	±1,5 дБ/±3 дБ (от 20 до 30 ГГц)
От 22 МГц до 26,5 ГГц	±3,5 дБ/±4,0 дБ (от 30 до 50 ГГц)

Таблица 14. Характеристики согласования для портов N5280/1A

Согласование в порте ВЧ-сигнала	
Частота	Значение
От 10 МГц до 500 ГГц	< -15 дБ
От 500 МГц до 10 ГГц	< -15 дБ
От 10 до 20 ГГц	< -12 дБ
От 20 до 30 ГГц	< -10 дБ
От 30 до 50 ГГц	< -5 дБ
Согласование в порте гетеродина	
От 10 МГц до 26,5 ГГц	< -8 дБ
От 500 МГц до 10 ГГц	Неприменимо

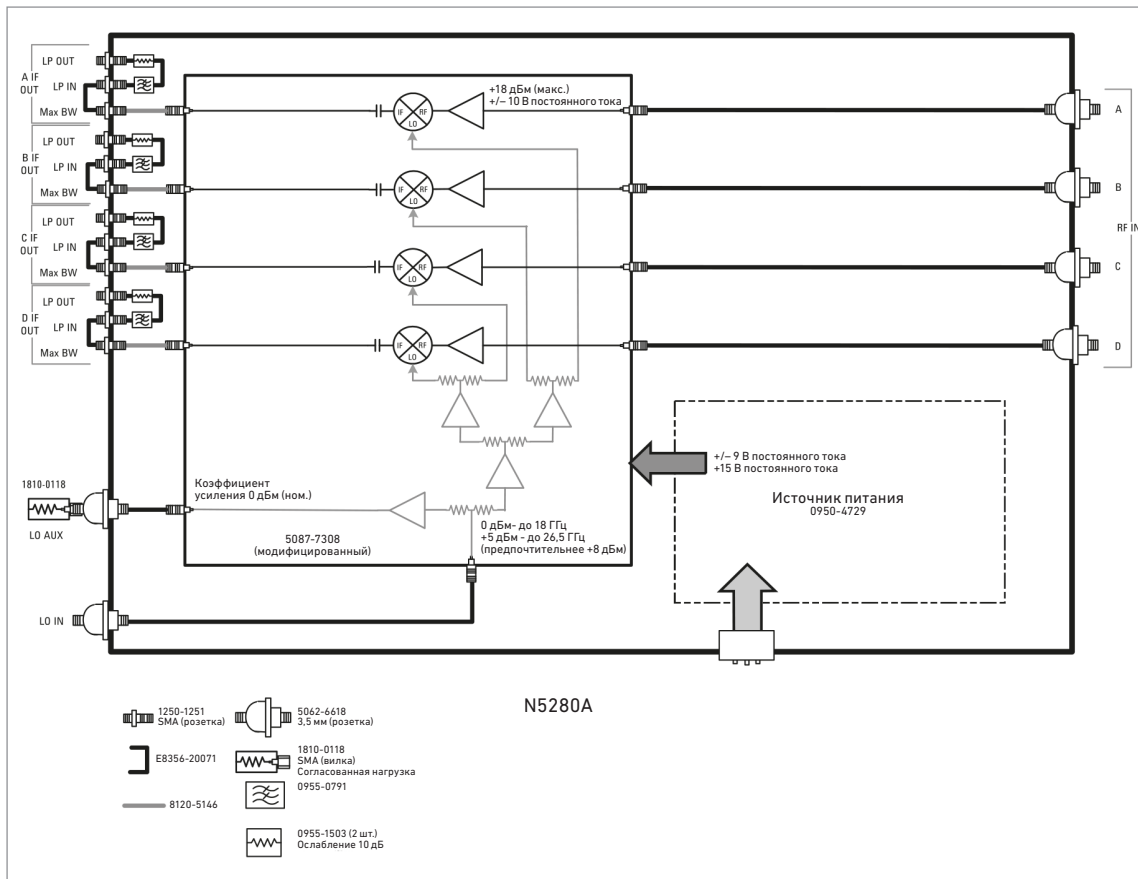


Рисунок 47. Структурная схема N5280A (стандартная конфигурация, заказываемая как опция 700)

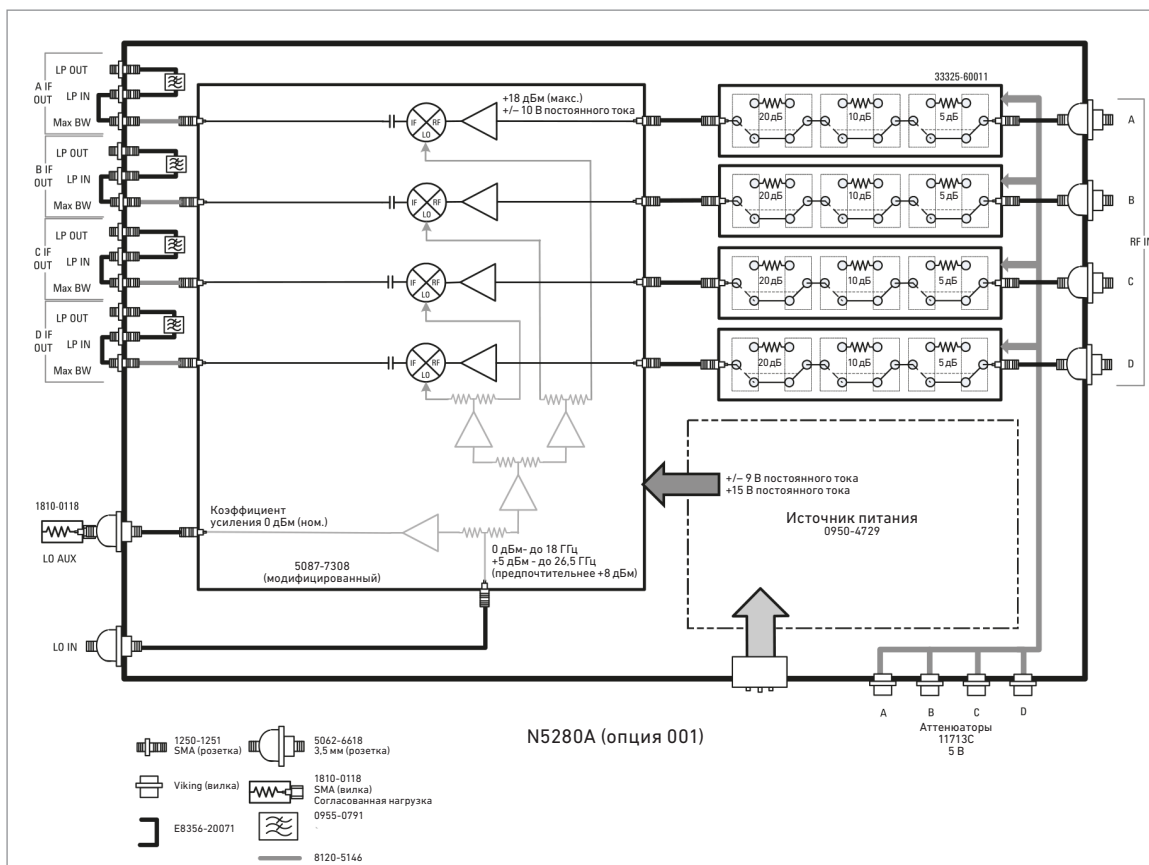


Рисунок 48. Структурная схема N5280A (опция 001)



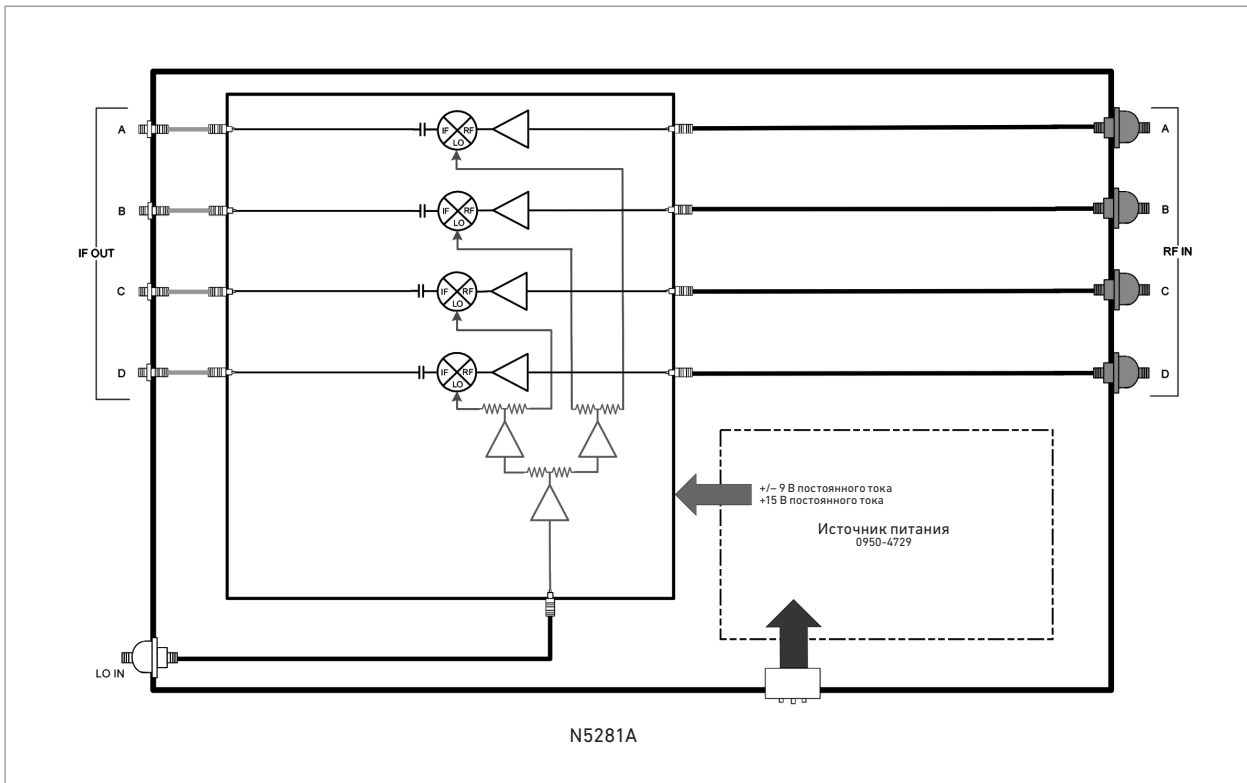


Рисунок 49. Структурная схема N5281A (стандартная конфигурация, заказываемая как опция 700)

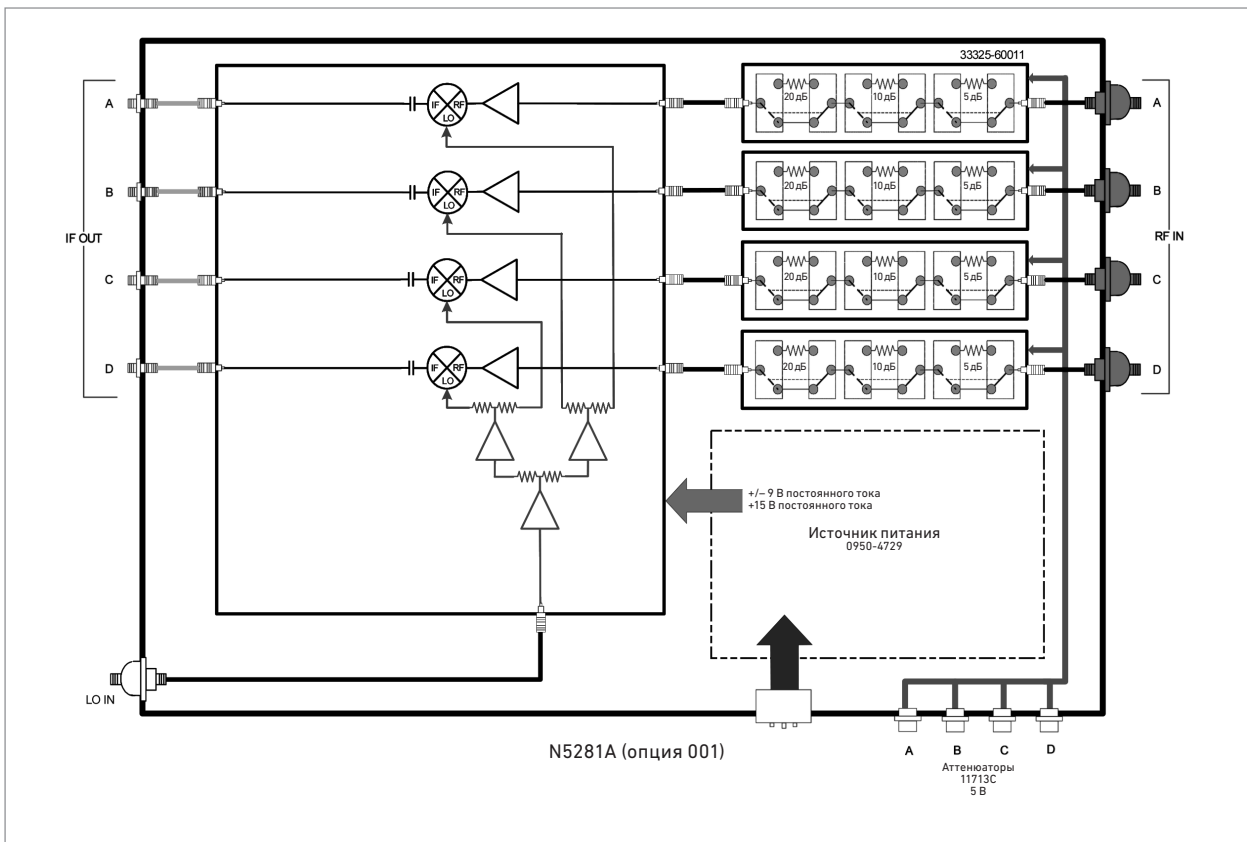


Рисунок 50. Структурная схема N5281A (опция 001)

## Усилители

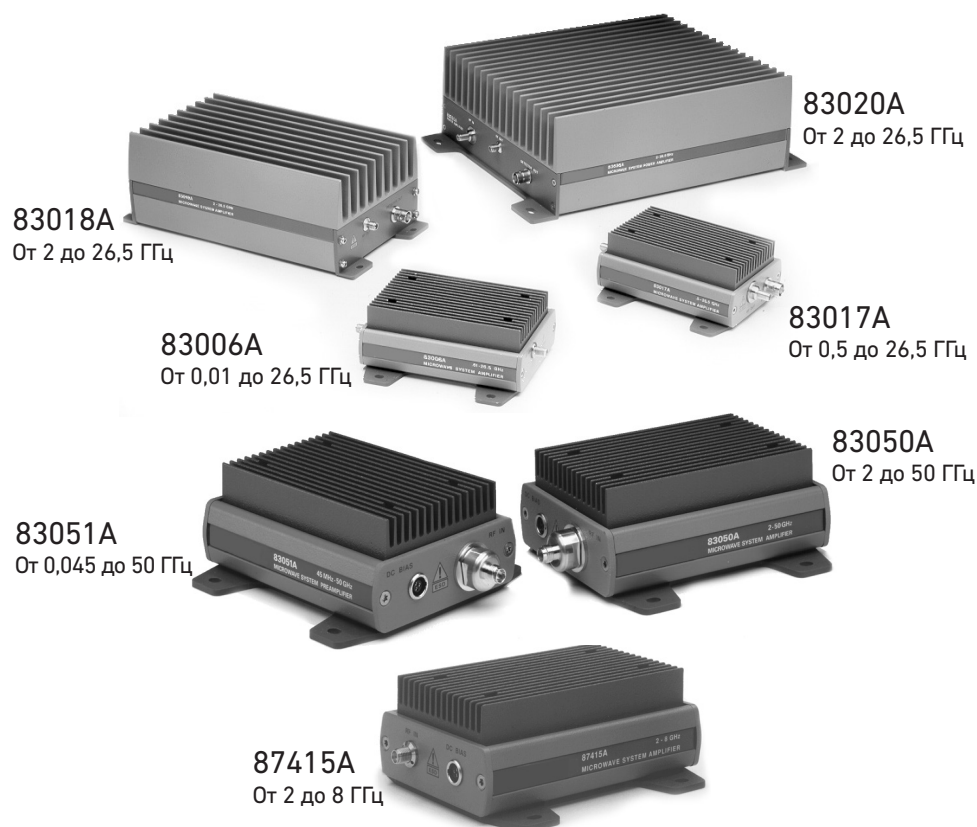


Рисунок 51. Усилители.

Компания Keysight Technologies предлагает ряд усилителей, которые применяются в антенных полигонах и полигонах для измерения ЭПР. Усилители имеют малые размеры, компактны, обладают большим коэффициентом усиления и большой выходной мощностью. Для усилителей требуется внешний источник питания. См. полную информацию об усилителях в брошюре *83000A Series Microwave System Amplifiers* (Системные усилители СВЧ серии 83000A), номер публикации 5963-5110E. См. также брошюру *Keysight 87415A Technical Overview* (Усилитель 87415A компании Keysight. Технический обзор), номер публикации 5091-1358E, брошюру *Keysight 87405A Data Sheet* (Предусилитель 87405A компании Keysight. Технические данные), номер публикации 5091-3661E.

Таблица 15. Технические характеристики усилителей

Модель	Частота (ГГц)	Вых. мощность при насыщении P <sub>sat</sub> (дБм/мВт)	Вых. мощность в точке компрессии на 1 дБ (P <sub>1dB</sub> ) (дБм/мВт) (мин.)	Кэфф-т усиления (дБ) (мин.)	Кэфф-т шума (дБ) (тип.)	Выход детектора <sup>1/</sup> / соединитель пост. тока	Смещение в цепи ВЧ-сигнала (ном.)	Соединители (вход/выход)
83006A	От 0,01 до 26,5	+18/64 (тип.), до 10 ГГц +16/40 (тип.), до 20 ГГц +14/25 (тип.), до 26,5 ГГц	+13/20 до 20 ГГц +10/10 до 26,5 ГГц	20	13 до 0,1 ГГц 8 до 18 ГГц 13 до 26,5 ГГц	Нет	+12 В при 450 мА –12 В при 50 мА	3,5 мм (розетка)
83017A	От 0,5 до 26,5	+20/100 (тип.), до 20 ГГц +15/32 (тип.), до 26,5 ГГц	+18/64 до 20 ГГц (18 – 0,75Δf) дБм <sup>2</sup> (64 – 7,8Δf) мВт <sup>2</sup> (20 ≤ f ≤ 26,5 ГГц)	25 13 до 26,5 ГГц	8 до 20 ГГц	Да/BNC (розетка)	+12 В при 700 мА –12 В при 50 мА	3,5 мм (розетка)
83018A	От 2 до 26,5	+24/250 (мин.) до 20 ГГц +21/125 (мин.) до 26,5 ГГц	+22/160 до 20 ГГц +17/50 до 26,5 ГГц	27 до 20 ГГц 23 до 26,5 ГГц	10 до 20 ГГц 13 до 26,5 ГГц	Да/BNC (розетка)	+12 В при 2 А –12 В при 50 мА	3,5 мм (розетка)
83020A	От 2 до 26,5	+30/1000 (мин.) до 20 ГГц (30 – 0,7Δf) дБм (мин.) <sup>2</sup> (1000 – 65Δf) мВт (мин.) <sup>2</sup> (20 ≤ f ≤ 26,5 ГГц)	+27/500 до 20 ГГц +23/200 до 26,5 ГГц	30 до 20 ГГц 27 до 26,5 ГГц	10 до 20 ГГц 13 до 26,5 ГГц	Да/BNC (розетка)	+15 В при 3,2 А –15 В при 50 мА	3,5 мм (розетка)
83050A	От 2 до 50	+20/100 (мин.) до 40 ГГц (19 – 0,2Δf) дБм <sup>3</sup> (80 – 3,1Δf) мВт <sup>3</sup> (40 ≤ f ≤ 50 ГГц)	+15/32 до 40 ГГц +13/20 до 50 ГГц	23	6 до 26,5 ГГц 10 до 50 ГГц	Нет	+12 В при 830 мА –12 В при 50 мА	2,4 мм (розетка)
83051A	От 0,045 до 50	+12/16 (мин.) до 45 ГГц (мин.) +8/6 до 45 ГГц +10/10 (мин.) до 50 ГГц (мин.) +6/4 до 50 ГГц	+8/6 до 45 ГГц +6/4 до 50 ГГц	23	12 до 2 ГГц 6 до 26,5 ГГц 10 до 50 ГГц	Нет	+12 В при 425 мА –12 В при 50 мА	2,4 мм (розетка)
87405A	От 0,01 до 3	+26/400 (тип.)	+4/2,5	22 (мин.) 27 (макс.)	6,5 до 2 ГГц 7,5 до 3 ГГц	Нет	+15 В при 80 мА	N (розетка) N (вилка)
87415A	От 2 до 8	+26/400 (тип.)	+23/200	25	13	Нет	+12 В при 900 мА	SMA (розетка)

1. Выход детектора может использоваться для автоматической регулировки мощности на измерительном порте.

2. Δf = f (ГГц) – 20

3. Δf = f (ГГц) – 40

Со всеми усилителями поставляется двухметровый кабель с соединителем на одном конце и неизолированными проводами на другом.

## Рекомендуемые источники питания

Для питания усилителя 83020A рекомендуется использовать источник питания 87422, для всех других - источник питания 87421A. Со всеми источниками питания поставляется двухметровый кабель с соединителями для соединения усилителя и источника питания.

Таблица 16. Технические характеристики источников питания

Модель	Входное напряжение переменного тока	Выходное напряжение постоянного тока (ном.)	Выходная мощность	Габаритные размеры (В, Ш, Г)
87421A	От 100 до 240 В 50/60 Гц	+12 В при 2,0 А, -12 В при 200 мА	25 Вт макс.	57, 114, 176 мм 2,3, 4,5, 6,9 дюймов
87422A <sup>1</sup>	От 100 до 240 В 50/60 Гц	+12 В при 2,0 А, -12 В при 200 мА +12 В при 2,0 А, -12 В при 200 мА	70 Вт макс	86, 202, 276 мм 3,4, 8,0, 10,9 дюймов

1. Выходы ±15 В предназначены для питания 83020A; выходы ±12 В могут использоваться для питания дополнительного усилителя.

## Многоканальные измерения

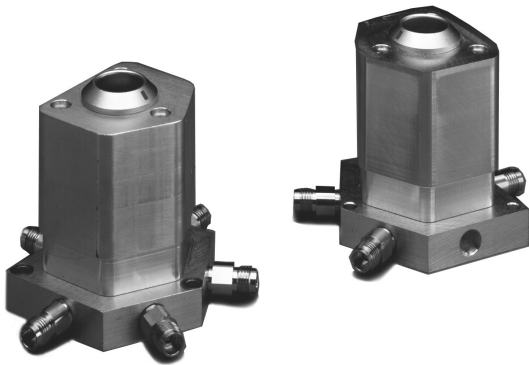


Рисунок 52. 2- и 4-портовые переключатели на PIN-диодах.

### Переключатель на PIN-диодах SP2T 85331B (от 0,045 до 50 ГГц)

### Переключатель на PIN-диодах SP4T 85332B (от 0,045 до 50 ГГц)

Переключатели на PIN-диодах 85331B и 85332B обеспечивают быстрое переключение между измерительными каналами. Высококачественные переключатели на PIN-диодах имеют изоляцию 90 дБ, малые потери и полосу частот от 45 МГц до 50 ГГц. Они являются поглощающими и обеспечивают хорошее согласование импедансов, что играет ключевую роль в достижении точности измерений. Переключатели имеют малые размеры и устойчивы к климатическим воздействиям. На рисунке 53 показана типовая конфигурация с переключателями на PIN-диодах, соединёнными с передающей и тестируемой антеннами.

Примечание: 85331B и 85332B не содержат устройства управления переключателями. Если система сконфигурирована с использованием многоканального контроллера 85330A, необходимо отдельно заказать устройство управления переключателями (кодированный номер 85331-60061 компании Keysight).

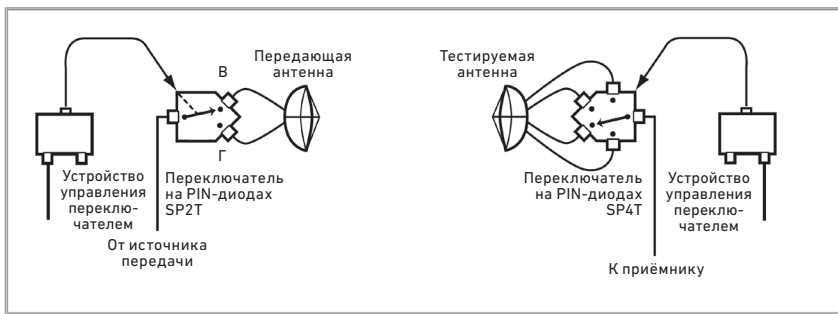


Рисунок 53. Типовая конфигурация многоканальной многочастотной системы.

## Универсальность применения

### Измерения в дальней зоне

Переключатели Keysight идеально подходят для антенн с несколькими измерительными портами или для измерений поляризационных характеристик совпадающей поляризации и кросс-поляризации. Один переключатель на PIN-диодах может переключать поляризацию передатчика, а другой переключатель на PIN-диодах может переключать отдельные измерительные порты антенны. При таком методе поляризационные характеристики совпадающей поляризации и кросс-поляризации каждого измерительного порта могут измеряться при каждом положении угла поворота антенны.

### Измерения в ближней зоне

При измерениях в ближней зоне обе поляризационные характеристики антенны - совпадающей поляризации и кросс-поляризации - могут измеряться на нескольких частотах при одном сканировании вдоль антенны. Для снятия двух поляризационных характеристик может использоваться переключатель на PIN-диодах с целью быстрого переключения между двумя тестируемыми поляризациями.

### Измерения эффективной площади рассеяния

Возможность быстрого переключения поляризаций передатчика и приёмника позволяет быстро и просто проводить полные поляриметрические измерения эффективной площади рассеяния (ЭПР).

### Сложные конфигурации переключателей

Решения Keysight позволяют легко создавать сложные древовидные схемы с использованием переключателей на PIN-диодах с множеством выходов. На рисунке 35 концептуально показано, как могут объединяться несколько переключателей на PIN-диодах. Подобные конфигурации применяются для измерений параметров фазированных антенных решёток.

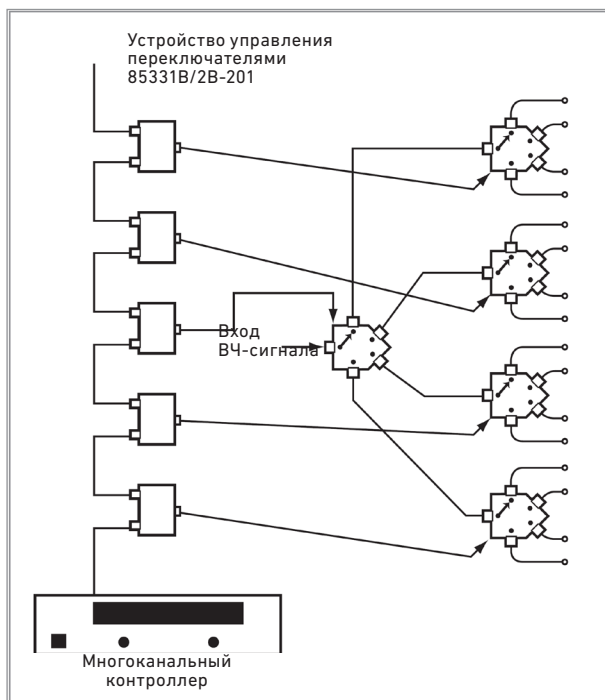


Рисунок 54. Пример конфигурации переключателя 1x16, созданной из модульных компонентов.

## Технические характеристики переключателей

Таблица 17. Характеристики 85331/32В

Номер модели	Диапазон частот (ГГц)	S21 в замкнутом состоянии (дБ)	S21 в разомкнутом состоянии (дБ)	S22 в разомкнутом состоянии (дБ)	S22 в замкнутом состоянии (дБ)	S11 в замкнутом состоянии (дБ)	Макс. мощность (дБм)
85331В SP2Т	От 0,045 до 0,5	-2,0	-85	-19,0	-10,0	-10,0	+27
	От 0,5 до 18	-4,5	-90	-19,0	-10,0	-10,0	+27
	От 18 до 26,5	-6,0	-90	-12,5	-6,0	-5,5	+27
	От 26,5 до 40	-10,0	-85	-10,0	-6,0	-4,5	+27
85332В SP4Т	От 0,045 до 0,5	-2,0	-85	-19,0	-9,0	-10,0	+27
	От 0,5 до 18	-4,5	-90	-19,0	-9,0	-10,0	+27
	От 18 до 26,5	-7,0	-90	-12,5	-5,0	-5,5	+27
	От 26,5 до 40	-12,0	-85	-10,0	-4,5	-4,0	+27

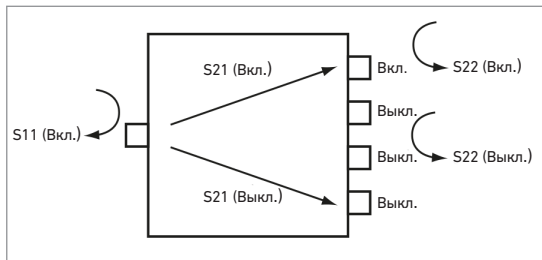


Рисунок 55. Определения согласований портов переключателя для замкнутого (Вкл.) и разомкнутого (Выкл.) состояний.

### Прочая информация

#### Соединители переключателя на PIN-диодах

Все ВЧ-порты имеют розетки 2,4 мм (для всех ВЧ-портов поставляется переход вилка 2,4 мм - розетка 3,5 мм). Соединитель смещения совместим с 7-контактным соединителем LEMO #FGG.1K.307.CLAC60.

## Уровни управления

Расположение контактов показано на рисунке 56. Следует отметить, что паз и красная метка на внешнем кольце соединителя смещения используются для ориентации.

Для включения порта нужно подать напряжение смещения постоянного тока  $-7\text{ В} (\pm 0,35\text{ В})$ . Ток приблизительно равен  $41\text{ мА}$ .

Для отключения порта нужно подать напряжение смещения постоянного тока  $+6,3\text{ В} (\pm 0,32\text{ В})$ . Ток приблизительно равен  $95\text{ мА}$ .

Только один порт может быть включен в одно и то же время, либо все порты могут быть выключены.

Общий ток при всех отключенных портах составляет приблизительно  $400\text{ мА}$  для 85332В и  $200\text{ мА}$  для 85331В.

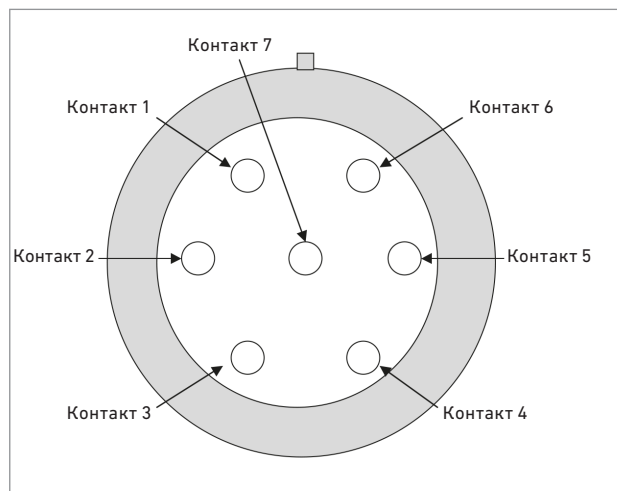


Рисунок 56. Расположение контактов соединителя смещений (увеличено).

- Контакт 1 - Смещение вкл/выкл порта 1
- Контакт 2 - Смещение вкл/выкл порта 2
- Контакт 3 - Смещение вкл/выкл порта 3 (для 85331В не подключается)
- Контакт 4 - Смещение вкл/выкл порта 4 (для 85331В не подключается)
- Контакт 5 - Общий/корпус (0 В постоянного тока)
- Контакты 6, 7 - Не подключаются

Примечание: средства управления, сопряжения и синхронизации для данных переключателей на PIN-диодах могут поставляться торговыми партнерами компании Keysight.

## Габаритные размеры и масса

65 мм (2,6 дюйма) x 70 мм (2,75 дюйма) x 70 мм (2,75 дюйма)  
Около 0,35 кг (0,7 фунта)

## Условия эксплуатации

### Рабочие условия

Температура от  $-20$  до  $55\text{ °C}$  (от  $-4$  до  $131\text{ °F}$ )  
Отн. влажность от 5 до 95% при  $40\text{ °C}$  или менее (без конденсации влаги)

### Нерабочие условия (хранение)

Температура от  $-40$  до  $70\text{ °C}$  (от  $-40$  до  $158\text{ °F}$ )  
Отн. влажность от 5 до 95% при  $65\text{ °C}$  или менее (без конденсации влаги)

## Питание

Подаётся от внешнего контроллера

## Автоматизация измерений

Анализаторы цепей серии PNA компании Keysight предусматривают несколько методов интерфейсных соединений для автоматизации измерений параметров антенн. Приложения могут запускаться на внешнем компьютере или контроллере. Загружаемые пользователем приложения могут выполняться непосредственно под управлением внутренней операционной системы Windows анализатора цепей серии PNA. Автоматизация измерений позволяет быстро и легко управлять работой анализатора цепей серии PNA, например, процессом свипирования частоты или измерением параметров диаграммы направленности антенны.

Анализаторы цепей серии PNA имеют два интерфейса для связи с внешним программным обеспечением: GPIB и LAN. Какой из этих физических интерфейсов будет использован, определяется протоколом, используемым для взаимодействия с анализатором.

Существует два способа дистанционного управления анализатором цепей серии PNA: модель компонентных объектов Microsoft (Component object model - COM) и стандартные команды для программируемых приборов (Standard Commands for Programmable Instrumentation - SCPI). Протокол COM требует установления соединения с локальной сетью (через порт LAN). Протокол SCPI может использоваться напрямую по шине GPIB, либо оператор может использовать библиотеку ввода-вывода SICL (Standard Instrument Control Library) с помощью установления соединения с локальной сетью.

COM использует двоичный протокол, что позволяет напрямую вызывать функции анализатора цепей серии PNA. Он более эффективен, чем язык SCPI с текстовым интерфейсом. Обычно COM работает быстрее, чем SCPI, и прост в использовании.

При использовании SCPI в анализатор цепей серии PNA посылается текстовая строка, и программа синтаксического анализа SCPI в анализаторе должна сначала декодировать эту текстовую строку, чтобы определить, какую специфическую информацию запрашивает пользователь, затем эта программа вызывает другую программу для получения информации.

Как для SCPI, так и для COM, самое высокое быстродействие исполнения программы пользователя достигается при использовании внутреннего ПК анализатора цепей серии PNA. Однако если программа пользователя использует слишком много системных ресурсов (циклов ЦП и/или памяти), это вызовет замедление работы анализатора.

Дополнительную информацию можно найти в справочной системе анализатора цепей серии PNA (внутренний файл PNA). Этот файл можно загрузить с сайта компании Keysight по адресу: [www.keysight.com/find/pna](http://www.keysight.com/find/pna). Дополнительную информацию о COM/DCOM можно найти в рекомендациях по применению *Application Note 1408-13*, номер публикации 5980-2666EN.

Пользователи могут либо сами разрабатывать необходимое ПО, либо вместе с партнёром компании Keysight Technologies. Партнёры компании Keysight имеют программное обеспечение, совместимое с драйверами PNA.



## Значения входных частот ПЧ

Значения входных частот ПЧ отличаются в зависимости от версии процессора ЦОС.

### Версия 4 процессора ЦОС:

\* Частота ВЧ-сигнала или частота передачи < 53 МГц: ПЧ = 2,535211 МГц [ $3 \times (60 \times 10^{-6}/71)$ ]

\* Частота ВЧ-сигнала или частота передачи > 53 МГц: ПЧ = 7,605634 МГц [ $9 \times (60 \times 10^{-6}/71)$ ]

С версией 5 процессора ЦОС частота ПЧ зависит от частоты ВЧ-сигнала или частоты передачи и текущей установки полосы ПЧ:

Таблица 18

\* Для всех значений ВЧ-сигнала или частоты передачи; полоса ПЧ > 1 МГц

Установка полосы ПЧ	IF frequency
1 МГц	7,692 МГц
1,5 МГц	7,368 МГц
2 МГц	8,450 МГц
3 МГц	8,163 МГц
5 МГц	6,897 МГц
7 МГц	10,53 МГц
10 МГц	15,38 МГц
15 МГц	22,22 МГц

\* Полоса ПЧ <= 600 кГц:

\* Частота ВЧ-сигнала или частота передачи < 53 МГц:

ПЧ = 2,479339 МГц [ $(3 \times (100 \times 10^{-6}/121))$ ]

\* Частота ВЧ-сигнала или частота передачи > 53 МГц:

ПЧ = 7,438017 МГц [ $(9 \times (100 \times 10^{-6}/121))$ ]

## Изменение частоты ПЧ вручную

Можно изменить частоту ПЧ, установив её на любое значение между + 14,9999 МГц и – 14,9999 МГц, используя команды SENS:IF:FREQ (SCPI) или IFFrequency (COM).

\* С версией 4 процессора ЦОС доступны значения минимальной и максимальной частоты ПЧ до + 20,1 МГц.

\* С версией 5 процессора ЦОС доступны значения минимальной и максимальной частоты ПЧ до + 38 МГц.

\* Характеристики резко ухудшаются выше + 14,999 МГц.

## Приложение 1: функции защиты конфиденциальных данных в анализаторах цепей серии PNA

### Термины и определения

#### Очистка

Процесс уничтожения данных на носителе перед повторным использованием этого носителя, так что данные не могут больше быть восстановлены в приборе с использованием стандартных интерфейсов. Очистка обычно используется, если прибор остаётся в среде с приемлемым уровнем защиты.

#### Санитизация

Процесс удаления или уничтожения запомненных данных таким образом, что данные не могут больше быть восстановлены с использованием никаких известных технологий. Санитизация прибора обычно требуется, когда прибор перемещается из безопасной в небезопасную среду, например, при возврате на завод для калибровки (с прибора снимается гриф секретности). Процедуры санитизации памяти компании Keysight предназначены для пользователей, которые обязаны соблюдать требования, определенные Службой защиты конфиденциальных данных Минобороны США (US Defense Security Service - DSS). Эти требования изложены в документе "Clearing and Sanitization Matrix" (матрица очистки и санитизации), выпущенном Агентством по вопросам защиты информации (Cognizant Security Agency - CSA). Ссылки на эти требования содержатся в руководстве по применению по национальной программе защиты промышленных данных (National Industrial Security Program Operating Manual - NISPOM), номер документа DoD 5220.22M ISL 01LE1, раздел 8-301.

#### Невосстанавливаемое стирание

Относится либо к функции очистки, либо к функции санитизации измерительных приборов компании Keysight.

#### Рассекречивание прибора

Процедуры, которые должны выполняться до перемещения прибора из безопасной среды, например, в том случае, когда прибор возвращается для калибровки. Процедуры рассекречивания включают санитизацию памяти и/или физическое удаление памяти. Процедуры рассекречивания компании Keysight предназначены для соблюдения требований, определенных документом по защите данных DSS NISPRM (DoD 5220.22M, раздел 8).

## Память анализатора цепей серии PNA

В разделе содержится информация о типах памяти в анализаторах цепей серии PNA. Приводится описание размера памяти, её использования, расположения, энергозависимости и процедуры санитизации.

Таблица 19.

Тип памяти	Возможность записи в процессе нормальной работы	Сохраняются ли данные при отключении питания?	Назначение/ содержимое	Способ ввода данных	Расположение в приборе и примечания	Процедура санитизации
Основная (оперативная) память (SDRAM)	Да	Нет	Оперативная память встроенного программного обеспечения	Операционная система (не пользователь)	Плата центрального процессора	Включение/ выключение питания
Накопитель на жёстких магнитных дисках (НЖМД)	Да	Да	Файлы пользователя, включая данные калибровки и состояния прибора	Данные, сохраняемые пользователем	Возможность извлечения с задней панели	
ЭСППЗУ (EEPROM)	Нет	Да	Информация о приборе, такая как серийный номер, установленные опции, калибровочные коэффициенты	Только на заводе или персонал с правом доступа	1, 2 и 3 ЭСППЗУ содержатся на большинстве плат центрального процессора	

## Процедуры очистки, санитизации и/или удаления памяти

В разделе объясняется, как очищать, санитизировать и удалять память из анализатора цепей серии PNA для всей памяти, в которую может производиться запись при нормальной работе, и для которой процедура очистки и санитизации не является тривиальной, такой как перезагрузка прибора.

Таблица 20.

Описание и назначение	НЖМД
Очистка памяти	Удаление файлов пользователя и очистка корзины
Санитизация памяти	Извлечение НЖМД и замена новым или неиспользованным НЖМД. Подробнее см. руководство по обслуживанию анализатора цепей серии PNA (PNA Service Manual).
Удаление памяти	Извлечение НЖМД
Защита записи	Неприменима

## Меры по обеспечению защиты данных при работе с интерфейсом пользователя и в режиме дистанционного управления

### Гашение информации и примечаний на экране

Пользователь имеет возможность предотвращения появления информации о частотных параметрах на экране анализатора цепей серии PNA и в распечатках. Для установки уровня защиты из меню анализатора цепей серии PNA выбрать пункты меню System, затем Security. Когда установлен уровень защиты Low (низкий) или High (высокий), информация о частотных параметрах гасится в следующих местах:

- экранные примечания
- свойства калибровки
- все таблицы
- все панели инструментов
- все распечатки
- консоль GPIB – когда установлен уровень None (нет защиты) или Low (низкий), никакая информация не гасится. Когда установлен уровень High (высокий), консоль GPIB становится неактивной.

Информация о частотных параметрах НЕ гасится в следующих программах, независимо от уровня защиты:

- информация в диалоговом окне или распечатках прикладной программы для измерения параметров преобразователей частоты (опция 083)
- сервисные программы (утилиты)
- программы COM или SCPI пользователя.

### Защита данных запоминающих устройств большой ёмкости с интерфейсом USB

Для предотвращения возможности записи по интерфейсу USB при работе в среде операционной системы MS Windows XP SP2 следует создать в реестре следующий новый ключ:

`HKLM\System\CurrentControlSet\Control\StorageDevicePolicies.`

Затем создать в нём вход REG\_DWORD, называемый WriteProtect. Установить его в "1", после чего пользователь сможет считывать данные из накопителей с интерфейсом USB, но записывать в них данные не сможет.

### Интерфейсы дистанционного управления

Пользователь несёт ответственность за обеспечение защиты конфиденциальных данных от доступа к ним через порты ввода-вывода, которые допускают возможность дистанционного доступа посредством управления на физическом уровне. Порты ввода/вывода должны контролироваться, поскольку они обеспечивают доступ ко всем настройкам пользователя, состояниям, установленным пользователем, и экранным изображениям.

К портам ввода-вывода относятся: RS-232, GPIB и LAN (локальная сеть).

Порт LAN обеспечивает следующие сервисы, общие для всех компьютеров, базирующихся на операционной системе Windows, которые могут быть выборочно запрещены:

- протокол передачи гипертекста (http)
- протокол передачи файлов (ftp)
- сокет (sockets)
- сетевой теледоступ (telnet)

Имеется также сервис 'ping', который не может быть выборочно запрещен. Это делает возможным определение IP-адресов подсоединённых приборов и позволяет запрашивать их настройки через Интернет, но этот сервис может также использоваться для проникновения в код.

## Процедура рассекречивания неисправного прибора

При отгрузке с завода все анализаторы цепей серии PNA имеют специфические, присущие серии PNA файлы, записанные на НЖМД. При замене НЖМД эти файлы должны быть скопированы на новый НЖМД с целью достижения заданных рабочих характеристик. Все эти файлы начинаются с идентификатора `mxcalfiles_` и расположены в каталоге:

`C:\Program Files\Keysight\Network Analyzer.`

Если анализатор цепей серии PNA требуется переместить из защищенной зоны, для его рассекречивания следует выполнить следующую процедуру.

1. Если получен новый прибор серии PNA или данный пункт не был выполнен ранее, скопировать файлы, начинающиеся с идентификатора `"mxcalfiles_"`, из НЖМД на дискету. Эта дискета должна храниться вне защищенной зоны.
2. Приобрести подходящий запасной НЖМД и хранить его вместе с упомянутой дискетой. Чётко пометить этот НЖМД как `"незащищенный"`.
3. Извлечь защищенный НЖМД из прибора серии PNA и держать его в защищенной зоне.
4. Переместить прибор серии PNA из защищенной зоны и установить в него `"незащищенный"` НЖМД.
5. Если это не было сделано ранее, скопировать файлы `mxcalfiles` с дискеты на незащищенный НЖМД в указанный выше каталог.

Если анализатор цепей серии PNA требуется вернуть в защищенную зону, нужно выполнить следующую процедуру. Любой вид обслуживания серии PNA может включать регенерацию калибровочных коэффициентов. Их большая часть содержится в ЭСППЗУ на плате прибора, и поэтому никаких действий предпринимать не нужно. Единственным исключением являются файлы с идентификатором `"mxcalfiles_"`, о которых и пойдет речь ниже.

1. Если анализатор цепей серии PNA отсылался для обслуживания, проверить, обновлялись ли файлы `mxcalfiles` (проверить даты последнего изменения). Если да, то эти обновленные файлы должны быть скопированы на дискету, чтобы их можно было обновить в защищенном НЖМД.
2. Извлечь незащищенный НЖМД из прибора, переместить прибор в защищенную зону и установить в прибор защищенный НЖМД.
3. Если файлы `mxcalfiles` были изменены, скопировать все новые файлы, записанные на дискету, в каталог: `C:\Program Files\Keysight\Network Analyzer`

Примечание: компания Keysight имеет страницу по мерам защиты данных для всех приборов на сайте: [www.keysight.com/find/security](http://www.keysight.com/find/security). Рекомендуется посетить этот сайт для получения текущей информации по вопросам защиты данных.

## Приложение 2: выбор полосы ПЧ анализатора цепей серии PNA для функционирования, сравнимого с 8510

Усреднение в анализаторах цепей серии 8510 похоже на фильтрацию полосы ПЧ в анализаторах цепей серии PNA, оба процесса подобны фильтрации в процессоре ЦОС. Полоса ПЧ в анализаторах цепей серии PNA похожа на усреднение в точке в 8510. Увеличение коэффициента усреднения в 8510 снижает уровень шума. Каждая точка в 8510 имеет одинаковый вес в функции усреднения. Полоса ПЧ в PNA снижает уровень шума таким же образом. 8510 использует как усреднение в точке, так и усреднение графиков в зависимости от многих факторов, включая аппаратные и программные настройки. В PNA пользователи всегда предпочитают использовать уменьшение полосы ПЧ, а не усреднение между графиками, потому что это быстрее.

Установить простое соответствие между полосой ПЧ в PNA и усреднением в 8510 является сложной задачей. Это особенно сложно вследствие того, что динамический диапазон 8510 свёртывается быстрее, чем в PNA, и потому что технические характеристики 8510 и PNA нормируются по-разному; уровень шума в 8510 нормируется по пиковому значению, а в PNA нормируется СКЗ уровня собственных шумов. Разница составляет 10,4 дБ. Поэтому необходимо снизить уровень шума 8510 на 10,4 дБ для сравнения с PNA. Легче просто измерить и настроить этот параметр.

Для определения эквивалентной полосы ПЧ анализатора цепей серии PNA нужно выполнить два шага:

1. Измерить уровень шума 8510
2. Определить эквивалентную полосу ПЧ анализатора цепей серии PNA (настроить полосу ПЧ PNA так, чтобы она соответствовала настройке 8510 по уровню шума)

### 1. Измерение уровня шума в 8510

- a. Настроить 8510 для требуемого измерения.
- b. Отключить калибровку.
- c. Поместить маркер в нужную точку.
- d. Выбрать формат log mag.
- e. Установить центральную частоту = маркеру.
- f. Установить полосу обзора 0 Гц.
- g. Установить 801 точку.
- h. Отключить сглаживание.
- i. Поместить опорную линию в центр экрана.
- j. Установить опорное значение = маркеру.
- k. Выбрать однократное свипирование. Продолжить после завершения цикла свипирования.
- l. Настроить опорное значение так, чтобы шумовая дорожка была в центре экрана.
- m. Настроить масштаб так, чтобы шум перекрывал 6 линий сетки.
  - Три шумовых выброса должны пересекать линию 2 или 8
  - Подобрать масштаб, (приблизительно) равный СКЗ шума графика (TN):
  - TN = масштаб: \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_; Average TN = \_\_\_\_\_
  - Повторить с шага k, по крайней мере, три раза. Усреднить результаты.

### 2. Определение эквивалентной полосы ПЧ PNA

- a. .... Настроить PNA для требуемого измерения.
- b. .... Отключить калибровку.
- c. .... Поместить маркер в нужную точку.
- d. .... Выбрать формат log mag.
- e. .... Установить центральную частоту = маркеру.
- f. .... Установить полосу обзора 0 Гц.
- g. .... Установить 801 точку.
- h. .... Включить статистическую обработку графиков.
- i. .... Считать показания СКЗ шума (Std. Dev.) в точке маркера.
- j. .... Настроить полосу ПЧ PNA так, чтобы Std. Dev. = среднее значение TN (определено на шаге 1m).

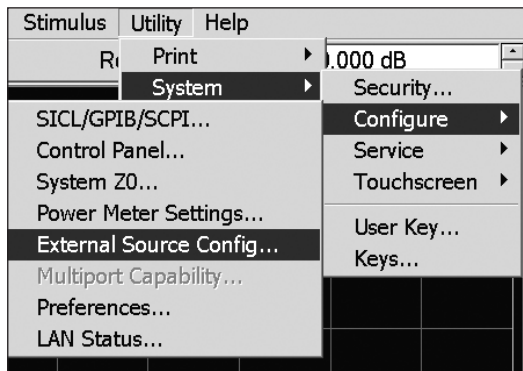
## Приложение 3: конфигурирование внешнего источника сигналов для использования с анализатором цепей серии PNA

Соедините анализатор цепей серии PNA-X, PNA или PNA-L и генератор сигналов серии PSG, ESG или MXG, как показано на рисунке 57. Для подключения к анализатору цепей внешних источников сигналов на задней панели измерительных приборов имеется интерфейс LAN или GPIB. На рисунке ниже показан пример измерительной установки, в которой для подключения приборов используется интерфейс GPIB.

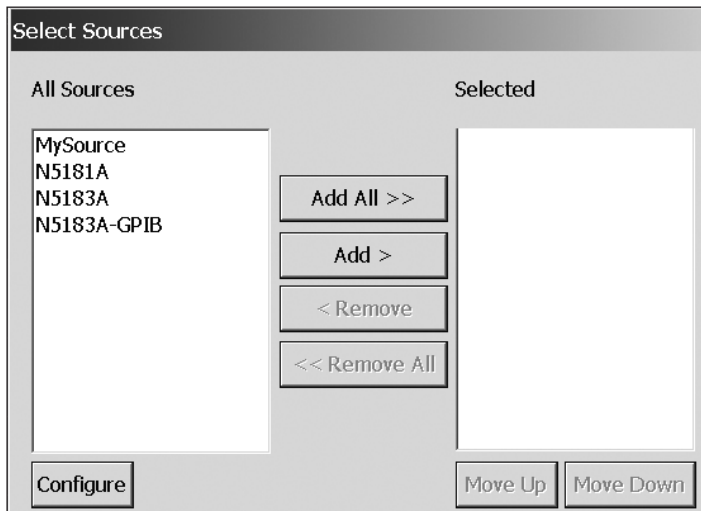


Рисунок 57. Конфигурирование внешнего источника сигналов.

1. Настройка источника сигналов:
  - а) Получить адреса GPIB для используемого источника сигналов.
2. Настройка анализаторов цепей и измерительных приёмников серии PNA:
  - а) Выбрать пункты меню External Source Config...> Utility > System > Сконфигурировать, как показано в меню на рисунке ниже.



Появится диалоговое окно Select Sources (выбрать источники).

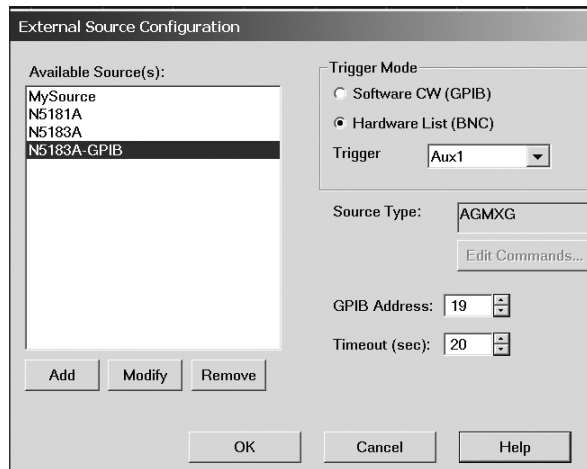


Оно отображает все источники сигналов, которые были ранее добавлены.

- b) Нажать клавишу Configure (сконфигурировать), если необходимо добавить новый источник.

Появится диалоговое окно External Source Configuration (конфигурирование внешних источников).

- c) Нажать клавишу Add (добавить), чтобы добавить другой источник.



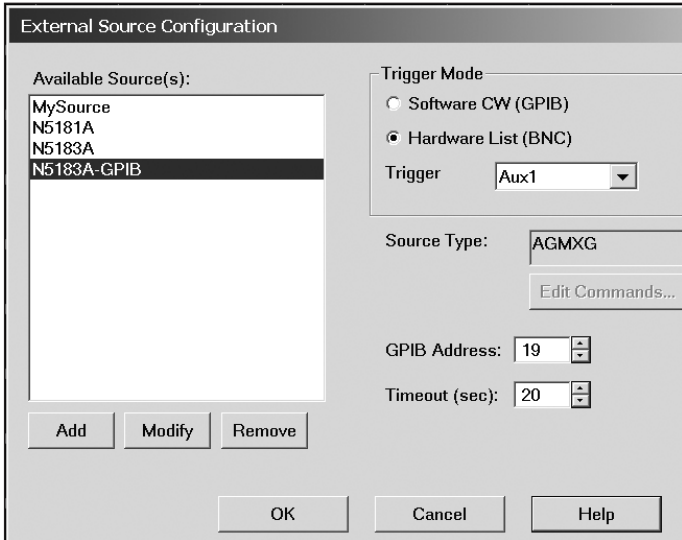
d) В диалоговом окне Modify Source (определить источник):

- i) Ввести название источника сигналов.
- ii) Ввести тип источника сигналов из выпадающего меню.
- iii) Нажать клавишу OK.

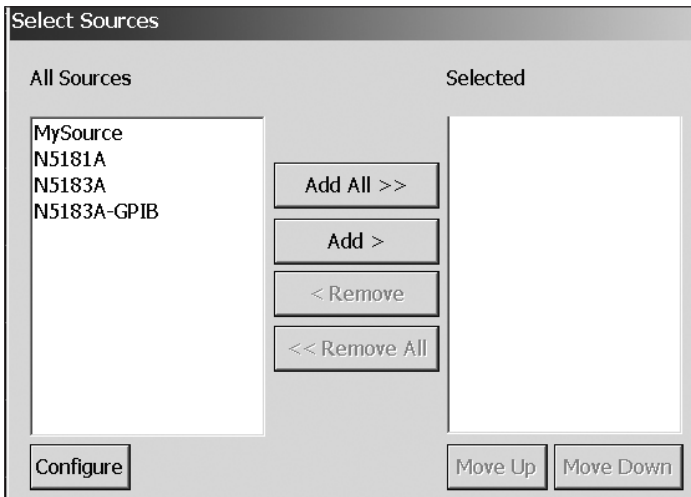




- e) В диалоговом окне External Source Configuration (конфигурирование внешних источников) выбрать режим запуска.  
 Примечание: аппаратный запуск - запуск TTL-сигналом; он быстрее, чем программный запуск (Software Trigger).  
 Чтобы получить дополнительную информацию, нажмите клавишу Help (помощь).



- f) В диалоговом окне Select Sources (выбрать источники):
  - i) Выделить название источника.
  - ii) Нажать клавишу Add (добавить).
  - iii) Нажать клавишу OK.



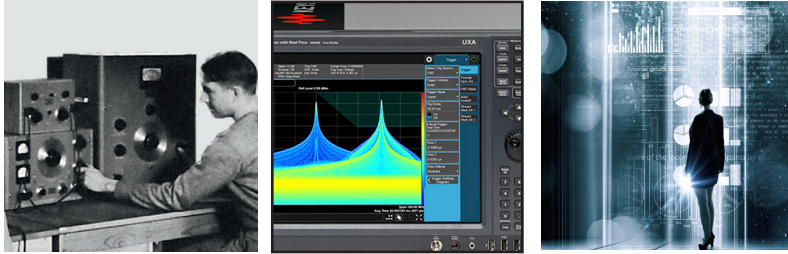
Если все источники сигналов настроены правильно, затем внешние источники сигналов должны начать свипирование.

- 3. Проверка правильности работы:
  - a) Перейти в диалоговое окно Frequency Offset (смещение частоты), и в нём пользователь должен увидеть список внешних источников сигналов.

## Развиваемся с 1939 года

Уникальное сочетание наших приборов, программного обеспечения, услуг, знаний и опыта наших инженеров поможет вам воплотить в жизнь новые идеи. Мы открываем двери в мир технологий будущего.

От Hewlett-Packard и Agilent к Keysight.



### myKeysight

myKeysight

[www.keysight.com/find/mykeysight](http://www.keysight.com/find/mykeysight)

Персонализированная подборка только нужной вам информации.

[http://www.keysight.com/find/emt\\_product\\_registration](http://www.keysight.com/find/emt_product_registration)

Зарегистрировав свои приборы, вы получите доступ к информации о состоянии гарантии и уведомлениям о выходе новых публикаций по приборам.

### KEYSIGHT SERVICES

Accelerate Technology Adoption.  
Lower costs.

Услуги ЦСМ Keysight

[www.keysight.com/find/service](http://www.keysight.com/find/service)

Центр сервиса и метрологии Keysight готов предложить вам свою помощь на любой стадии эксплуатации средств измерений – от планирования и приобретения новых приборов до модернизации устаревшего оборудования. Широкий спектр услуг ЦСМ Keysight включает услуги по проверке и калибровке СИ, ремонту приборов и модернизации устаревшего оборудования, решения для управления парком приборов, консалтинг, обучение и многое другое, что поможет вам повысить качество ваших разработок и снизить затраты.



Планы технической поддержки Keysight

[www.keysight.com/find/AssurancePlans](http://www.keysight.com/find/AssurancePlans)

ЦСМ Keysight предлагает разнообразные планы технической поддержки, которые гарантируют, что ваше оборудование будет работать в соответствии с заявленной производителем спецификацией, а вы будете уверены в точности своих измерений.

Торговые партнеры Keysight

[www.keysight.com/find/channelpartners](http://www.keysight.com/find/channelpartners)

Получите лучшее из двух миров: глубокие профессиональные знания в области измерений и широкий ассортимент решений компании Keysight в сочетании с удобствами, предоставляемыми торговыми партнерами.

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

[www.keysight.com/find/antenna](http://www.keysight.com/find/antenna)

[www.keysight.com/find/na](http://www.keysight.com/find/na)

[www.keysight.com/find/accessories](http://www.keysight.com/find/accessories)

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)

(BP-16-10-14)



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

Keysight Technologies, Inc.

Сертифицировано DEKRA на соответствие  
стандарту ISO 9001:2015

Система управления качеством

Информация может быть изменена без  
уведомления.

© Keysight Technologies, 2017

Published in USA, December 01, 2017

5968-6759RURU

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