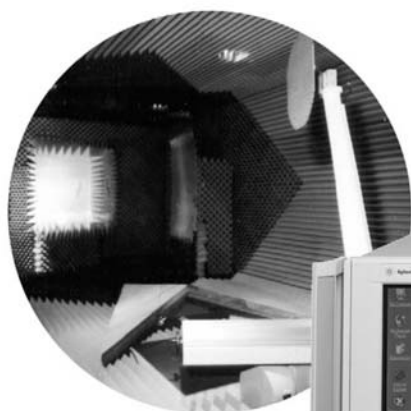
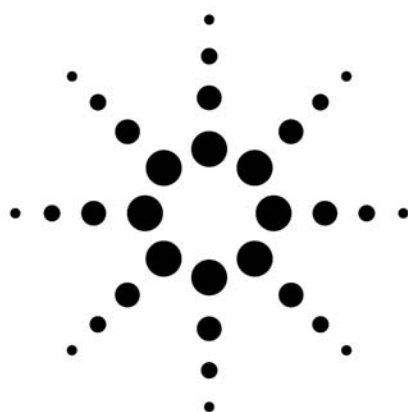


Компания Agilent Technologies

Испытания антенн

Руководство по выбору



Agilent Technologies

Содержание

1. Введение	3
Назначение данного руководства	3
Основные части антенного полигона	4
Торговые партнёры	4
2. Обзор применения анализаторов цепей компании Agilent серии PNA для антенных измерений	5
Антенные измерения в ближней зоне	6
Антенные измерения в дальней зоне	7
Измерения эффективной площади рассеяния	9
Измерения в миллиметровых диапазонах длин волн	10
3. Анализ проблем разработки антенной измерительной системы	12
Конфигурация передающей части	12
Конфигурация приёмника с выносом смесителей	17
Определение скорости измерения	21
Оптимизация времени свипирования и динамического диапазона	22
Интерфейсные требования серии PNA	23
Запуск	29
Функциональные испытания	30
4. Переход от серии 8510/8530 к PNA	31
Переход от антенных систем, основанных на серии 8510/8530, к системам на основе анализаторов цепей серии PNA	31
Инженерное обслуживание, обеспечиваемое при переходе от серии 8510/8530 к серии PNA	32
Примеры переходов	33
5. Каталог компонентов для антенных измерений	35
Анализаторы цепей СВЧ	35
Источники	38
Преобразователи частоты	40
Усилители	50
Многоканальные измерения	52
Автоматизация измерений	56
Приложение 1: функции защиты конфиденциальных данных в приборах серии PNA	57
Термины и определения	57
Память прибора серии PNA	58
Процедуры очистки памяти, санитарной обработки и/или удаления	58
Характеристики защиты данных при работе с интерфейсом пользователя и в режиме дистанционного управления	59
Процедура рассекречивания неисправного прибора	60
Приложение 2: Выбор полосы ПЧ прибора серии PNA для функционирования, сравнимого с 8510	61
Приложение 3: Конфигурирование внешнего источника для использования с прибором серии PNA	62

1. Введение

Компания Agilent Technologies предоставляет множество компонентов, необходимых для проведения точных измерений параметров антенн и эффективной площади рассеяния (ЭПР). Данное руководство по выбору средств испытания антенн (Antenna Test Selection Guide) поможет выбрать оборудование, удовлетворяющее требованиям, предъявляемым к измерениям параметров антенн. Оно предназначено, прежде всего, для тех, кто собирается разрабатывать, интегрировать и развёртывать свои собственные антенные измерительные системы с использованием испытательного оборудования компании Agilent, а также для тех, кто намеревается перейти к использованию новейших анализаторов цепей компании Agilent. Для опытных пользователей, занимающихся собственными разработками, это руководство по выбору содержит входные и выходные характеристики элементов антенных измерительных систем от компании Agilent. Инженер по продажам компании Agilent будет рад помочь в комплектовании измерительного оборудования. Компания Agilent Technologies не предоставляет программных средств и не оказывает услуг по интеграции антенных измерительных систем. Однако подразделение компании Agilent по вопросам повышения производительности (Agilent Productivity Services) может оказать подобные услуги за отдельную плату.

Некоторые пользователи предпочитают поручать разработку, интеграцию и установку антенных систем предприятиям, имеющим богатый опыт в проведении антенных измерений. Компания Agilent Technologies сотрудничает с предприятиями, которые могут оказать такие услуги. Наши партнёры объяснят требования к измерениям и разработают антенную измерительную систему, удовлетворяющую предъявляемым требованиям. Они разработают ВЧ подсистему, подсистему позиционирования, прикладную измерительную программу, а также выполнят установку системы и проведут обучение.

Это руководство по выбору может оказаться полезным для специалистов, имеющих большой опыт проведения антенных измерений. См. веб-сайт компании Agilent: **www.agilent.com/find/antenna**, для доступа к технической документации и информации о производимом оборудовании для измерений параметров антенн.

Назначение данного руководства

- Получение сведений о возможностях приборов компании Agilent по их встраиванию в систему пользователя
- Освоение требований к интерфейсам составных частей
- Осознание проблем, возникающих при выборе оборудования для антенных измерений
- Получение необходимой информации о порядке перехода от анализатора цепей 8510 или СВЧ приёмника 8530 к использованию анализатора цепей серии PNA

Основные части антенного полигона

Типичную 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 средство связи с принимающей стороной. В принимающей стороне расположены испытываемая антенна, опорная антенна, приёмник, гетеродин, понижающий преобразователь частоты, устройство позиционирования, системная программа и компьютер.

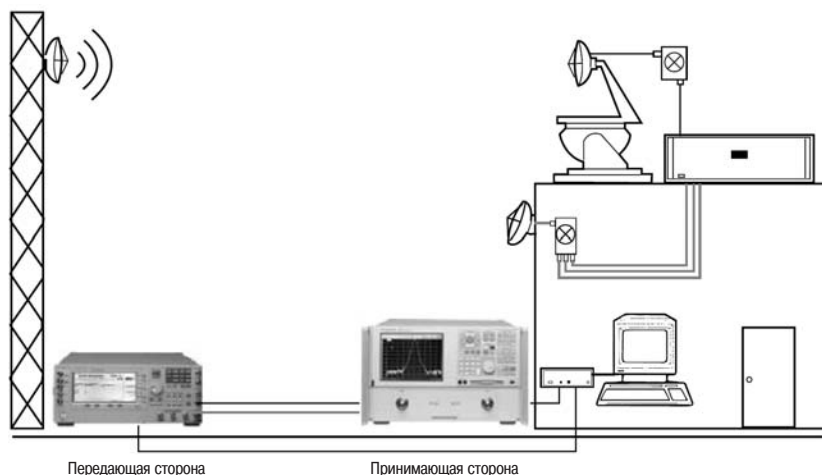


Рисунок 1 - Упрощенная схема антенного полигона дальней зоны.

Торговые партнёры

Компания Agilent сотрудничает с предприятиями, занимающимися полным комплексом задач, связанных с испытаниями антенн и с антенными полигонами. При создании и установке антенных измерительных систем эти партнёры работают в сотрудничестве с инженерами компании Agilent с целью решения проблем пользователя. Приборы компании Agilent, такие как анализаторы цепей серий PNA и ENA, источники серии PSG и принадлежности, могут закупаться напрямую конечным пользователем или через торговых партнёров компании. Узнать о партнёрах в регионе пользователя можно в торговом представительстве компании Agilent.

2. Обзор применения анализаторов цепей компании Agilent серии PNA для антенных измерений

Анализаторы цепей серий PNA компании Agilent основаны на новейших технологиях и оснащены функциями, предназначенными для улучшения технических характеристик и расширения функциональных возможностей измерения параметров антенн и эффективной площади рассеяния (ЭПР).

Высокая чувствительность

Анализатор серий PNA построен на основе преобразования частоты, это решение обеспечивает превосходную чувствительность. В серии PNA предусмотрен выбор, как минимум, 29 различных полос ПЧ. Это позволяет оптимизировать чувствительность на основе компромисса со скоростью измерения, удовлетворяя тем самым требованиям к измерениям с учётом специфики применения. Предусмотрена возможность достижения максимальной чувствительности с выносом смесителей за счет использования опции H11 (доступ к ПЧ). Эта опция позволяет использовать внешний источник сигнала ПЧ 8,33 МГц и обойти первый смеситель, встроенный в прибор серии PNA. Опция 014 также обеспечивает повышение чувствительности примерно на 15 дБ путём добавления опорной линии связи, которая позволяет обойти ответвитель.

Повышенная скорость

Исключительно высокая скорость передачи данных из анализаторов цепей достигается за счёт использования функциональных свойств COM/DCOM. Подключение к локальной сети через встроенный интерфейс LAN 10/100 позволяет располагать ПК на удалении от испытательного оборудования. Вместе эти функции обеспечивают возможность дистанционных испытаний и сокращают их продолжительность.

Гибкость и точность

В стандартной комплектации PNA предусмотрено до четырёх одновременно работающих приёмников (A, B, R1, R2) и допускается использовать до 16001 точек данных в каждом графике. Опция 080 позволяет анализатору PNA 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, поскольку захват происходит независимо.

Объединение опций H11 (доступ к ПЧ) и 080 (смещение частоты и расширенный запуск) позволяют выполнять исключительно точные антенные измерения. Эта комбинация допускает синхронизацию с внешними генераторами, что значительно улучшает точность измерений.

Импульсные измерения

Опция H11 дополняет внутренние приёмники временными селекторами для использования в радиоимпульсных применениях, в том числе при испытаниях антенн. В сочетании с опцией H08 эти временные селекторы расширяют возможности серии PNA в части импульсных измерений, позволяя проводить испытания вида "точка в импульсе" с длительностями импульсов менее 100 нс.

Защита данных

С целью ограничения доступа к данным в приборах семейства PNA предусмотрен съёмный накопитель на жёстких магнитных дисках для обеспечения полной гарантии защиты данных, накопленных анализатором PNA. Подробная информация приведена в приложении 1 на странице 57.

Следующие разделы посвящены возможностям использования серии PNA в измерительных системах ближнего и дальнего поля, ЭПР и миллиметрового диапазона длин волн.

Антенные измерения в ближней зоне

При решении прикладных измерительных задач в поле ближней зоны датчик располагается очень близко к испытываемой 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 (40 кГц) соответствует максимальной скорости измерения. Анализаторы серии PNA основаны на смесителях с преобразованием по первой гармонике до 20 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 обеспечивает более высокую скорость сбора данных с повышенной чувствительностью при решении измерительных задач в поле ближней зоны. См. рисунок 2.

Для дальнейшего ускорения процесса измерения могут использоваться приборы серии PNA-L. Серия PNA-L допускает более широкую полосу ПЧ до 250 кГц, обеспечивая повышение скорости, но чувствительность при этом снижается (до 24 дБ на высоких частотах, но всего на несколько децибел на низких частотах).

Более подробная информация приведена в брошюре, содержащей технические данные анализатора серии PNA-L, номер публикации 5989-0514EN.

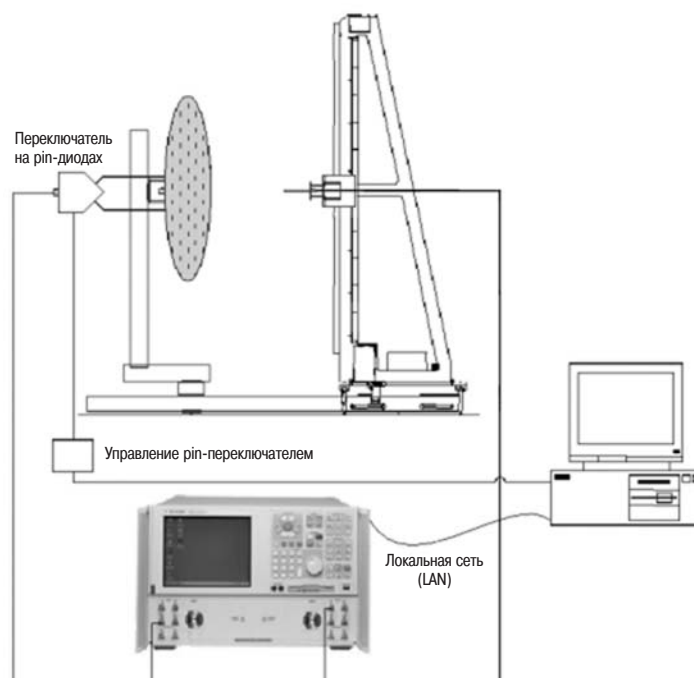


Рисунок 2 - Типичная конфигурация для антенных измерений в поле ближней зоны с использованием анализатора цепей серии PNA с опцией 014 (прямой доступ к приёмнику)

Антенные измерения в дальней зоне

Система, основанная на анализаторах серии PNA, показана на рисунке 3. Она использует внешние широкополосные смесители 85320A/B и распределённый преобразователь частоты 85309A. Внутренний синтезированный источник СВЧ сигнала анализатора PNA используется в качестве гетеродина для 85309A, позволяя сэкономить на стоимости внешнего источника гетеродинного сигнала. Антенные измерения в дальней зоне требуют высокой чувствительности. Превосходная чувствительность достигается добавлением опции H11 (доступ к ПЧ). Это становится возможным за счёт обхода первого каскада преобразования частоты на ПЧ 8,33 МГц в анализаторе PNA. Сигнал ПЧ подаётся непосредственно на вход второго каскада преобразования, выведенный на заднюю панель. Коэффициент шума системы уменьшается с 36 дБ до менее 20 дБ, обеспечивая превосходную чувствительность измерений (–114 дБ при установке полосы ПЧ 10 кГц). Уменьшение полосы ПЧ в серии PNA позволяет добиваться и более высокой чувствительности.

Примечание

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

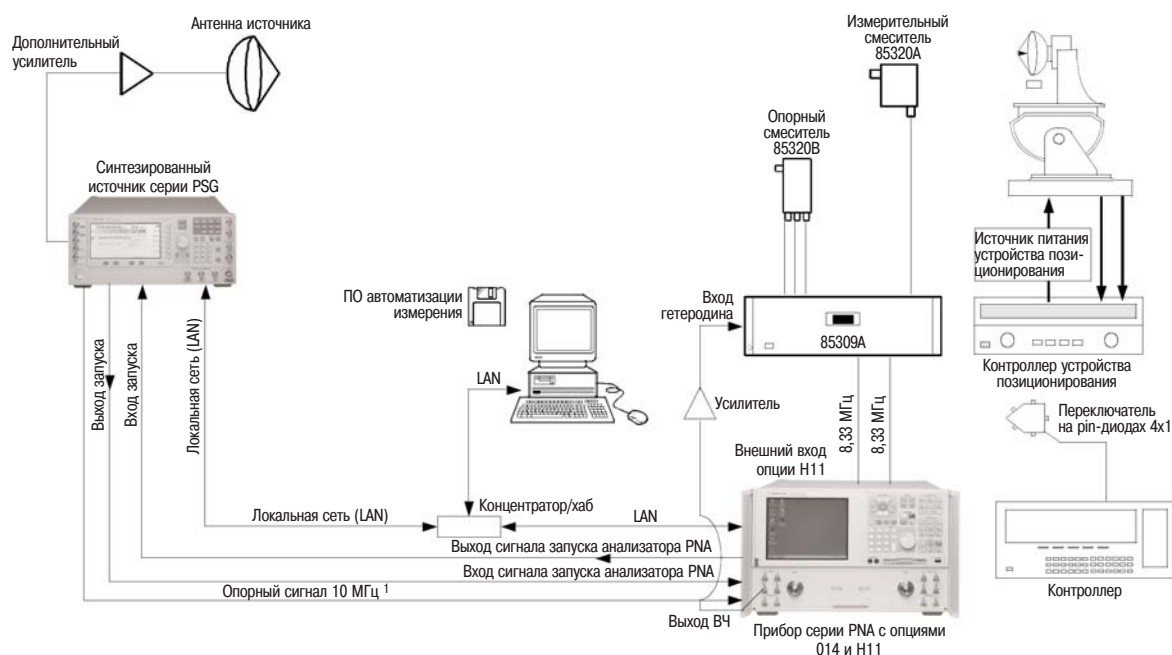


Рисунок 3 - Типичная конфигурация для антенных измерений в поле дальней зоны

Высокая скорость сбора данных анализаторов серии PNA делает их идеальными для использования на антенных полигонах дальней зоны. При установленной полосе ПЧ 10 кГц скорость сбора данных составляет 119 мкс на точку. Это важно для таких применений, при которых высока интенсивность сбора данных, например на полигонах с активными антенными решётками, но может оказаться бесполезным, если ограничена скорость вращения устройства позиционирования. Тем не менее, при большей скорости сбора данных может быть сужена полоса ПЧ, и тем самым значительно повышена чувствительность измерений без увеличения времени измерения.

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

Если применение допускает использование усилителей вместо генераторов серии PSG, пользователь имеет возможность использовать достоинства превосходной скорости перестройки частоты серии PNA и минимизировать время переключения частоты для измерительных конфигураций дальней зоны. См. рисунок 4.

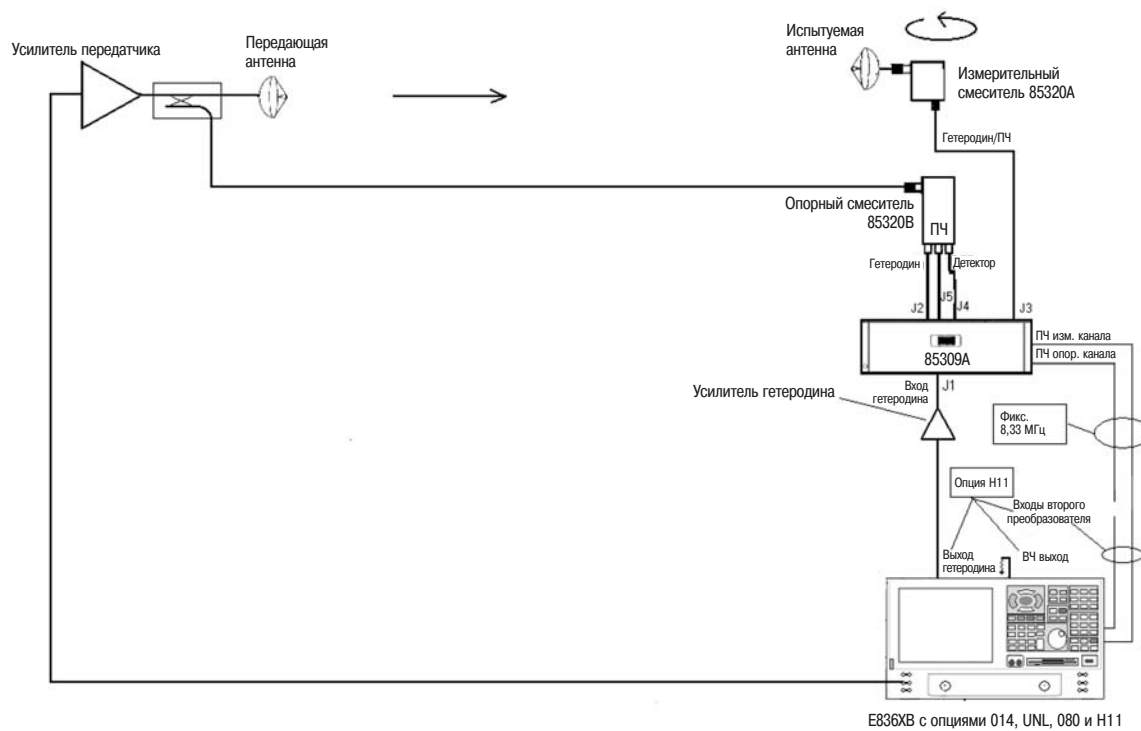


Рисунок 4 - Конфигурация для антенных измерений в поле дальней зоны с использованием внутренних источников серии PNA с опцией H11

Измерения эффективной площади рассеяния

Семейство PNA обладает превосходной чувствительностью измерений, быстрой перестройкой частоты и высокой скоростью сбора данных, необходимых для измерений ЭПР. Превосходная чувствительность измерений обеспечивается основанной на смесителях (в отличие от стробоскопических преобразователей) технологией переноса частоты вниз; 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 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, требуются временной селектор (импульсный модулятор) в приёмнике с целью предотвращения перегрузки приёмника во время передачи радиоимпульса. На рисунке 5 показан пример схемы временного селектора, которая легко может быть добавлена в систему измерения ЭПР, если требуется аппаратная реализация временного селектора для обработки импульсов.

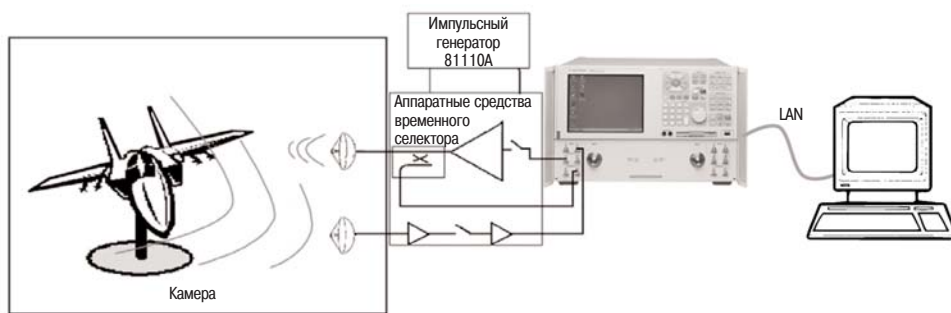


Рисунок 5 - Типичная конфигурация системы измерения ЭПР с использованием прибора серии PNA с опцией 014 и аппаратной реализацией импульсной модуляции передатчика и приёмника (временного селектора)

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

- Наличие источника и приёмника, объединённых в одном приборе, и возможность выбора диапазона частот прибора весьма значительно снижают затраты при решении задач измерения ЭПР.
- Измеренная характеристика может содержать до 16001 точки. Это обеспечивает для измерений ЭПР чрезвычайно большую длительность интервала времени, свободного от наложения сигналов, при высокой разрешающей способности. Пользователи, которым требуется большее число точек данных, могут использовать 32 канала прибора серии PNA и "сшить" графики, каждый из которых содержит по 1 001 точке, в единую характеристику с эффективным числом точек данных до 51 032.
- Анализатор серии PNA имеет сменный накопитель на жестких магнитных дисках для обеспечения требований по защите данных. Подробная информация об обеспечении защиты данных приведена в приложении 1 на странице 57.

Измерения в миллиметровых диапазонах длин волн

С версией микропрограммного обеспечения A.04.00 и выше СВЧ анализаторы цепей E836х серии PNA способны работать с модулями миллиметровых диапазонов длин волн, расширяя полосу рабочих частот прибора до 325 ГГц. В дополнение к этому следует заметить, что потребитель может сэкономить на затратах, приобретая модуль только того диапазона частот, который ему требуется. На рисунке 6 показана типичная конфигурация миллиметрового диапазона.

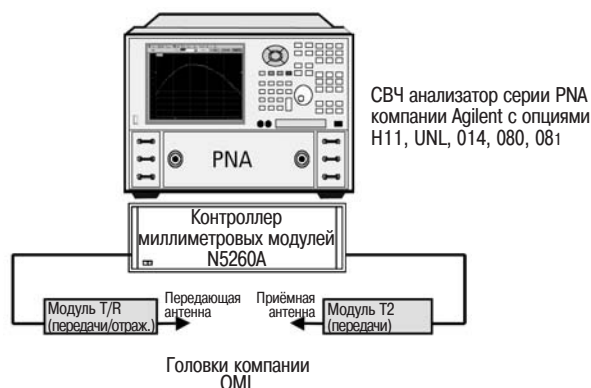


Рисунок 6 - Типичная конфигурация миллиметрового диапазона с использованием прибора серии PNA компании Agilent, контроллера и миллиметровых модулей компании Oleson Microwave Laboratories

Поддерживаются следующие модули расширения диапазона частот в область миллиметровых длин волн VNA2 компании Oleson Microwave Laboratories (OML), предназначенные для проведения измерения S-параметров:¹

- WR-15 (50-75 ГГц)
- WR-12 (60-90 ГГц)
- WR-10 (75-110 ГГц)
- WR-8 (90-140 ГГц)
- WR-6 (110-170 ГГц)
- WR-5 (140-220 ГГц)
- WR-4 (170-260 ГГц)
- WR-3 (220-325 ГГц)

С головками OML, которые работают на частотах выше 110 ГГц и предназначены для измерения S-параметров (отношения), следует использовать полосы частот ПЧ от 10 до 100 Гц с целью достижения оптимальных характеристик. Кроме того, для расширения динамического диапазона системы, особенно выше 220 ГГц, могут использоваться два внешних синтезатора (серии PSG).

1. СВЧ анализаторы цепей E836х серии PNA с версией микропрограммного обеспечения A.04.00 и выше.

Для решения этих задач требуется следующее оборудование:

- СВЧ анализатор цепей серии PNA компании Agilent с опциями H11, UNL, 014, 080, 081
- Контроллер миллиметровых модулей N5260A
- Модули расширения диапазона частот в область миллиметровых длин волн VNA от компании Agilent или Oleson Microwave Labs

На рисунке 7 показана основанная на приборе серии PNA система миллиметрового диапазона, предназначенная для измерений параметров антенн вне помещения. В передатчике (слева) использован модуль передачи/отражения (T/R) компании OML, а в приёмнике (справа) двоянный модуль T компании OML. Сдвоенные модули T идеально подходят для измерения как вертикальной, так и горизонтальной поляризации антенны. Использование модуля T/R позволяет, кроме всего, измерять коэффициент стоячей волны по напряжению (КСВН) испытываемой антенны.

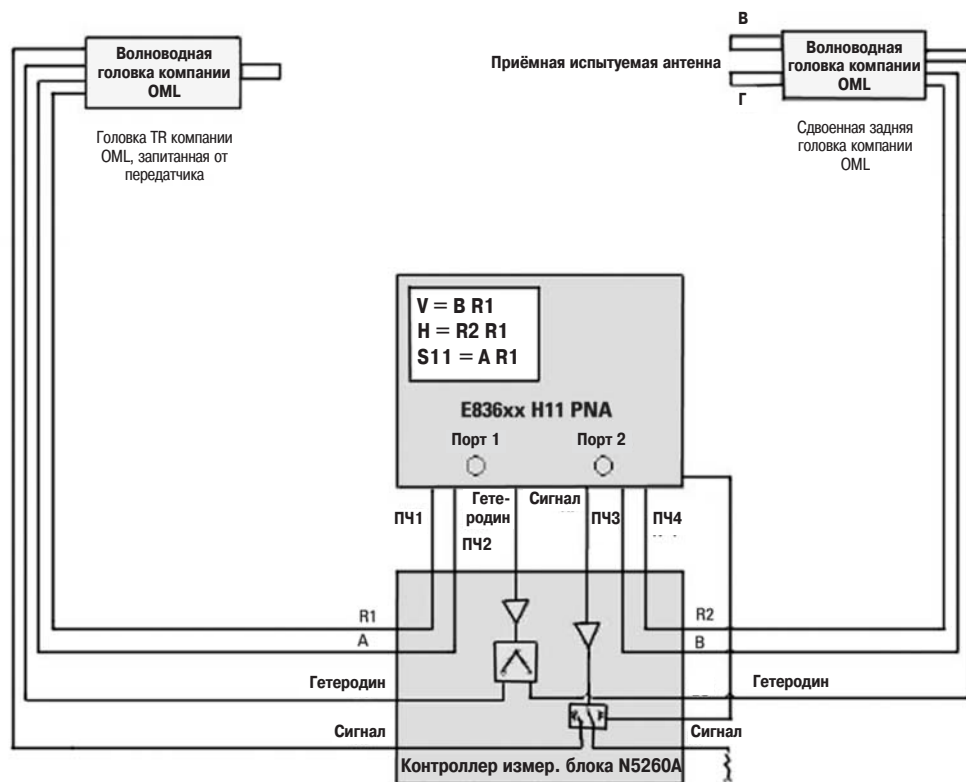


Рисунок 7 - Типичная прикладная система для антенных измерений в миллиметровом диапазоне длин волн

Дополнительную информацию о миллиметровых измерениях см. в документе *Application Note 1408-15: Banded Millimeter-Wave Measurements with the PNA* (Рекомендации по применению 1408-15: измерения в миллиметровых диапазонах длин волн с использованием анализатора серии PNA), номер публикации 5989-4098EN.

3. Анализ проблем разработки антенной измерительной системы

С целью выбора оптимального оборудования при разработке антенной измерительной системы необходимо проанализировать множество параметров. Сначала анализируются элементы передатчика, затем элементы приемной части. Проектирование законченной антенной системы, как правило, требует от разработчика тщательной проработки конфигурации передающей части, затем приёмной, а затем регулировки передатчика и повторного расчета значений параметров для оптимизации характеристик.

Конфигурация передающей части

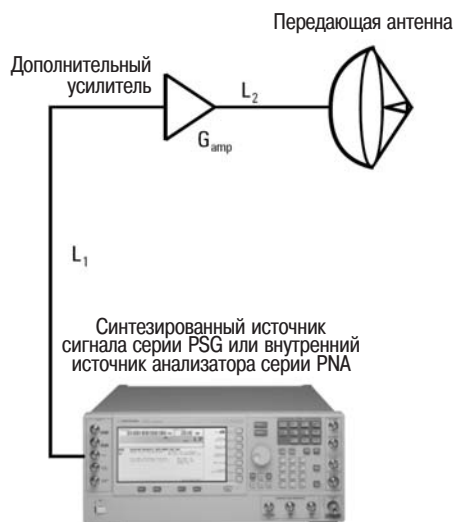


Рисунок 8 - Конфигурация передающей части

Выбор источника передатчика

В выборе источника передатчика следует руководствоваться диапазоном частот испытываемой 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, расположенного в месте расположения передатчика.

Целесообразность использования усилителя в передатчике

Начинать следует с расчёта системы без усилителя. Если после выполнения расчётов мощности передатчика она оказывается недостаточной, следует ввести в состав 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 таковой используется) (дБ)
 G_t - коэффициент усиления передающей антенны (дБ)

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 ненаправленной антенны (коэффициент усиления 0 дБ), расположенной на принимающей стороне. Эти потери распространения вызваны дисперсионной природой передающей антенны. Передающая антенна излучает сферический волновой фронт; только часть этого сферического волнового фронта улавливается приёмной антенной.

Для свободного пространства и дальней зоны поля коэффициент передачи полигона определяется следующим образом:

$$P_D = 32,45 + 20 \times \log(R) + 20 \times \log(F)$$

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 адресу:
<http://na.tm.agilent.com/pna/antenna>

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

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 испытываемой 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 испытываемая 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 испытываемой 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 испытываемой антенны (дБ)

Примечание

Мощность P_{AUT} не должна превышать нормированные уровни насыщения следующих каскадов (обычно либо прибора серии PNA, либо, в более сложных системах, смесителя). См. технические характеристики составляющих систему устройств.

Динамический диапазон

Динамический диапазон, необходимый для испытаний 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/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 9 показаны зависимости между отношением сигнал/шум с одной стороны и амплитудной и фазовой погрешностями с другой.

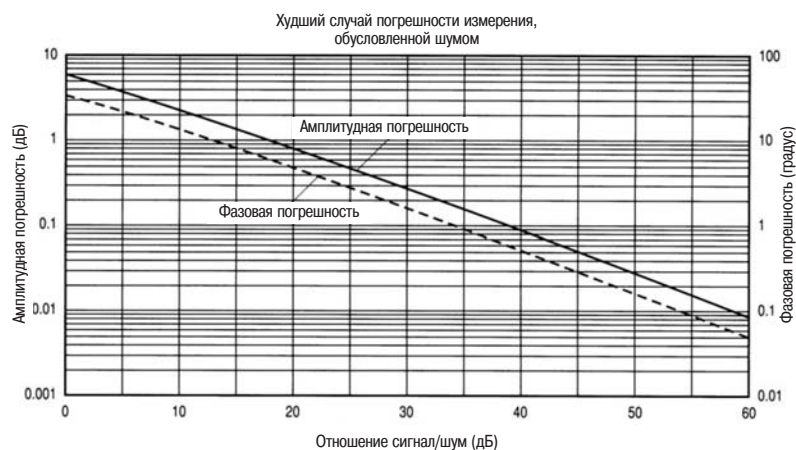


Рисунок 9 - Точность измерения как функция отношения сигнал/шум

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

Чувствительность

Прибор серии PNA должен располагаться как можно ближе к измерительной антенне для минимизации длин ВЧ кабелей. При определении необходимой чувствительности прибора серии PNA на основе требуемой чувствительности измерительной системы следует принимать во внимание снижение чувствительности за счёт потерь в кабеле (кабелях).

Определим необходимую чувствительность прибора серии PNA

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

Примечание

Это уравнение относится к простейшей антенной системе без выносных смесителей. См. рисунок 10.

где $P_{\text{АУТ}}$ - мощность на выходе испытуемой антенны (дБм)

DR - требуемый динамический диапазон (дБ)

S/N - отношение сигнал/шум, определённое выше (дБ)

L - потери в кабелях (дБ) от испытуемой антенны до входа прибора серии PNA

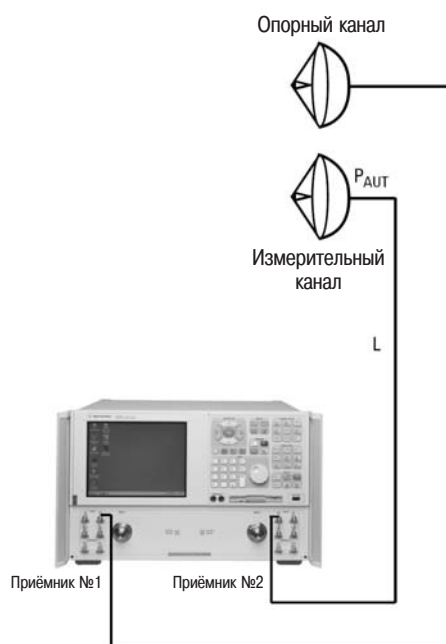


Рисунок 10 - Конфигурация приёмника без выносных смесителей

Выбор анализатора цепей

Требования к антенной системе по диапазону частот и чувствительности определяют требования к характеристикам анализатора цепей. Компания Agilent предлагает три семейства анализаторов цепей: серию PNA, серию PNA-L и серию ENA. Компания Agilent разработала опции серии PNA, предназначенные специально для антенных измерений. Благодаря этим опциям серия PNA, как правило, предпочтительнее для антенных применений. 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. Для применений, требующих обеспечения защиты данных, должны использоваться анализаторы серий PNA и PNA-L. Приведённая ниже таблица поможет выбрать анализатор, исходя из требований к диапазону частот и чувствительности.

Таблица 1 - Типовые характеристики анализаторов цепей компании Agilent

Семейство	Модель/ опция (станд./ конфигурируемый измерит. блок)	Диапазон частот	Скорость перестройки частоты (10 МГц/точка при макс. полосе ПЧ и без переходов на другой диапазон)	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)	Выходная мощность на макс. частоте
ENA	E5070B	от 300 кГц до 3 ГГц	*	< -92 дБм	**	+10 дБм
	E5071B	от 300 кГц до 8,5 ГГц	*	< -80 дБм	**	+5 дБм
PNA-L	N5230A опция 020/025	от 300 кГц до 6 ГГц	160 мкс	< -99 дБм	< -108 дБм	+10 дБм
	N5230A опция 120/125	от 300 кГц до 13,5 ГГц	160 мкс	< -94 дБм	< -108 дБм	+2 дБм
	N5230A опция 220/225	от 10 МГц до 20 ГГц	160 мкс	< -85 дБм	< -97 дБм	+10 дБм
	N5230A опция 420/425	от 10 МГц до 40 ГГц	160 мкс	< -75 дБм	< -86 дБм	-5 дБм
	N5230A опция 520/525	от 10 МГц до 50 ГГц	160 мкс	< -70 дБм	< -78 дБм	-9 дБм
PNA	E8362B	от 10 МГц до 20 ГГц	278 мкс	< -100 дБм	< -114 дБм	+3 дБм
	E8363B	от 10 МГц до 40 ГГц	278 мкс	< -94 дБм	< -105 дБм	-4 дБм
	E8364B	от 10 МГц до 50 ГГц	278 мкс	< -94 дБм	< -103 дБм	-10 дБм
	E8361A	от 10 МГц до 67 ГГц	278 мкс	< -79 дБм	< -88 дБм	-5 дБм

Примечание: с опцией H11 типовая чувствительность составляет -127 дБм

* Нет данных

** Опция отсутствует

См более подробную информацию в брошюре по техническим данным серии ENA, номер публикации 5988-3780EN, или в брошюрах по техническим данным серий PNA и PNA-L, номера публикаций 5988-7988EN и 5989-0514EN.

Что делать, если требования к чувствительности не выполняются

Если испытываемая 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 испытываемой антенне можно с помощью преобразования частоты сигнала на ПЧ, используя устройство распределения 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 приёмника с выносом смесителей".

Конфигурация приёмника с выносом смесителей

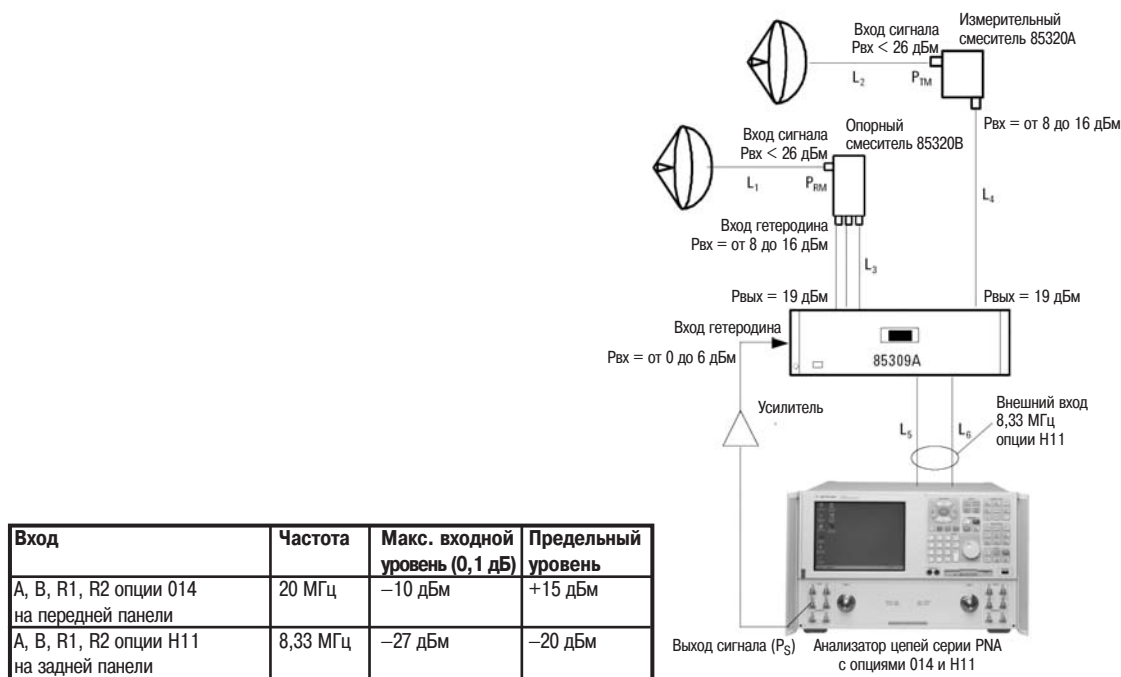


Рисунок 11 - Конфигурация приёмника с выносными смесителями

Выбор источника гетеродинного сигнала

Рекомендуемые СВЧ смесители используют преобразование по первой гармонике от 300 МГц до 18 ГГц и по более высоким гармоникам на частотах выше 18 ГГц. Поэтому источники гетеродинного сигнала в диапазоне частот от 0,3 до 18 ГГц подходят для всех диапазонов частот. Имеется 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 прибора серии PNA.

Источник гетеродинного сигнала должен обеспечивать на гетеродинном входе 85309А мощность 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. Следовательно, максимальная используемая частота гетеродина определяет максимальные потери. Максимальная частота гетеродина зависит от максимальной частоты, нормированной в качестве рабочей для антенного полигона, и от того, какая гармоника используется в преобразовании. Между частотой гетеродина и чувствительностью может потребоваться компромисс. Преобразование по первой гармонике обеспечивает наименьшие потери преобразования и наивысшую чувствительность. Преобразование по высшим гармоникам позволяет использовать более низкие частоты гетеродина (с более длинными кабелями), но характеризуется большими потерями и более низкой чувствительностью.

Прежде чем высчитывать потери преобразования, сначала следует определить частоту гетеродина. При использовании серии PNA с опцией H11 частота гетеродина должна устанавливаться так, чтобы обеспечить ПЧ 8,33 МГц. Частота гетеродина прибора серии PNA на частотах до 20 ГГц автоматически смещена от частоты сигнала на 8,33 МГц, если отключена функция смещения частоты. См. подраздел *"Установка частоты гетеродина прибора серии PNA для обеспечения ПЧ 8,33 МГц"* на странице 27.

Доступ к внутреннему гетеродину прибора серии PNA осуществляется с задней панели, если прибор имеет опцию H11. Его диапазон частот ограничен пределами 1,7 и 20 ГГц. Сигнал на задней панели имеет очень низкую мощность, и для достижения необходимого для блока 85309A уровня мощности всегда требуется усилитель. ВЧ сигнал передней панели может использоваться как гетеродин для блока 85309A, если только он не используется в качестве системного сигнала.

Расчёт необходимой мощности источника гетеродинного сигнала

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

где P_s - выходная мощность источника гетеродинного сигнала (дБм)
 $P_{\text{вх}}$ - мощность, необходимая для 85309A (от 0 to 6 дБм)

При выборе источника следует руководствоваться конкретными требованиями и предпочтениями. Если мощность $P_{\text{вх}}$ 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 вариаций мощности в системе. Если в качестве источников сигнала и гетеродина выбраны синтезированные генераторы или используется внутренний источник прибора серии PNA, захват ФАПЧ в приёмнике не требуется. Единственное требование к опорному каналу заключается в уровне сигнала, достаточном для достижения требуемой точности измерения. На рисунке 9 приведены амплитудная и фазовая погрешности в зависимости от отношения сигнал/шум; эти зависимости применимы также и к составляющим погрешности, вносимой опорным каналом. В большинстве применений необходимо поддерживать отношение сигнал/шум не менее 50-60 дБ.

Примечание

Для опорного и измерительного смесителей должны использоваться кабели 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 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 блоком 85309A и модулем смесителя, следует вычислить эквивалентную длину в метрах на максимальной частоте гетеродина. Длина кабеля опорного гетеродина должна быть увеличена на эту величину.

Определение длины кабеля от блока 85309A до смесителей

Смесители требуют определённой мощности гетеродинного сигнала; максимально допустимые длины кабелей определяются выходной мощностью устройства распределения гетеродина/ПЧ 85309A и потерями мощности в кабелях. Приведённое ниже уравнение позволяет при расчёте длины кабеля с уверенностью обеспечить достаточную для смесителей мощность.

$\text{Длина кабеля (м)} = (P_{\text{вых}} 85309A - P_{\text{вх}} \text{ смесителя}) / (\text{потери в кабеле/м на данной частоте})$

Рекомендуется использовать высококачественные фазостабильные кабели с малыми потерями.

Мощность на входе опорного смесителя

Расчёт мощности в опорном смесителе зависит от метода, используемого для получения опорного сигнала. Почти во всех типах полигонов опорный сигнал 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:

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

Примечание

Если расчетный уровень мощности на входе опорного смесителя недостаточен для достижения требуемой точности, необходимо увеличить либо мощность передатчика, либо коэффициент усиления опорной антенны.

где P_{RM} - мощность 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 (дБ)
 L_1 - потери в кабеле между опорным смесителем и опорной антенной (дБ)

Внимание: P_{RM} не должна выходить за предел максимально допустимого уровня мощности для смесителя ¹

P_{RM} с учетом потерь преобразования смесителя ² должна быть менее +5 дБм, так чтобы не превысить мощность насыщения на уровне 1 dB для входа LO/IF (гетеродин/ПЧ) 85309A.

2. Ответвлённые опорные сигналы

При использовании ответвлённой опоры мощность 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 испытуемой антенны (вычисленной выше), если этот смеситель подключен 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} - мощность 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 (дБ)
 L_2 - потери в кабеле между испытуемой антенной и измерительным смесителем (дБ)

Внимание: P_{TM} не должна выходить за предел максимально допустимого уровня мощности для смесителя ¹

P_{TM} с учетом потерь преобразования смесителя ² должна быть менее +5 дБм, так чтобы не превысить мощность насыщения на уровне 1 dB для входа IF (ПЧ) (гетеродин/ПЧ) 85309A.

1. +26 дБм (85320A/B, 85320A/B-H50),
+20 дБм (85320A/B-H20).

2. См. потери преобразования смесителей в таблице 10 в разделе "Каталог компонентов для антенных измерений" на странице 35.

Мощность на входах анализатора

Мощность ПЧ на входе приёмника можно вычислить, используя следующие уравнения:

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

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

где L - потери в кабелях, как показано на рисунке 11;
коэффициент усиления 85309A равен 23 дБ (типичное значение)

Внимание: эти величины не должны превышать максимальный уровень входной мощности (компрессия на уровне 0,1 дБ) приёмника (–27 дБм для опции H11 или –14 дБм для опции 014). Если требуется, можно уменьшить мощность передатчика или добавить аттенюаторы на входах смесителей или анализатора.

Чувствительность

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 сделать выбор анализатора из таблицы 1, который удовлетворяет требованиям, предъявляемым к измерениям.

1. См. потери преобразования смесителей в таблице 10 в разделе "Каталог компонентов для антенных измерений" на странице 35.

Определение скорости измерения

Скорости измерения анализатора приведены в таблице 1 (только сбор данных). Реальное время измерения содержит также время перестройки и установления частоты, время перехода между диапазонами, время обратного хода и время установления связи (если используются два прибора 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 апгрейду

В среднем, прибор 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 быстродействия измерения антенной измерительной системы - непростая задача. Можно воспользоваться двумя методами для определения скорости прибора 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 приборе серии PNA, либо воспользоваться осциллографом и пронаблюдать за линией "готовности к запуску" на соединителе BNC задней панели, имеющим маркировку 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 прибор 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 максимальной скоростью свипирования. Для широких полос обзора с небольшим количеством точек, как правило, определяющей является скорость свипирования. Скорость свипирования ограничивается приблизительно 600 ГГц/мс в серии PNA и 900 ГГц/мс в серии PNA-L.

Время установки частоты: в режиме плавного свипирования время установки составляет 222 мкс в серии PNA и 56 мкс в серии PNA-L. В режиме пошагового (синтезированного) свипирования для определения времени свипирования полезно воспользоваться следующей информацией: максимальная скорость (минимальное время) перестройки 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 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 занимают в серии PNA порядка 4-8 мс, а в серии PNA-L - 2 мс. Однако в режиме смещения частоты количество переключений диапазонов возрастает. В этом режиме переключения диапазонов в источнике и в приёмнике могут не совпадать. Точное количество переключений диапазонов можно найти в таблице 5.2 руководства по обслуживанию СВЧ приборов серии PNA (Microwave PNA Service Manual).

Обратный ход занимает 10-15 мс при включенном экране и 5-8 мс при выключенном. Обратный ход переводит частоту системы обратно в начальное значение предыдущего цикла свипирования.

Пример времени измерения для анализатора цепей серии PNA

Параметры: прибор 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 смещение частоты требуют пошагового режима.

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

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

Теперь проверим ограничение 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 (НОМИНАЛЬНО)

Оптимизация времени свипирования и динамического диапазона

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

Возможные опции для повышения чувствительности

Опция 014 (прямой доступ к приёмнику) - повышение чувствительности

Опция H11 (доступ к мультиплексору 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 серии PNA

При конфигурировании анализаторов цепей серии PNA важно следить, чтобы уровни мощности не привели к повреждению приборов. Желательно, чтобы мощность не превышала уровней компрессии 0,1 дБ, указанных на рисунках ниже. Предельные уровни (уровни выхода из строя) отпечатаны на приборе, как показано на рисунке 12.

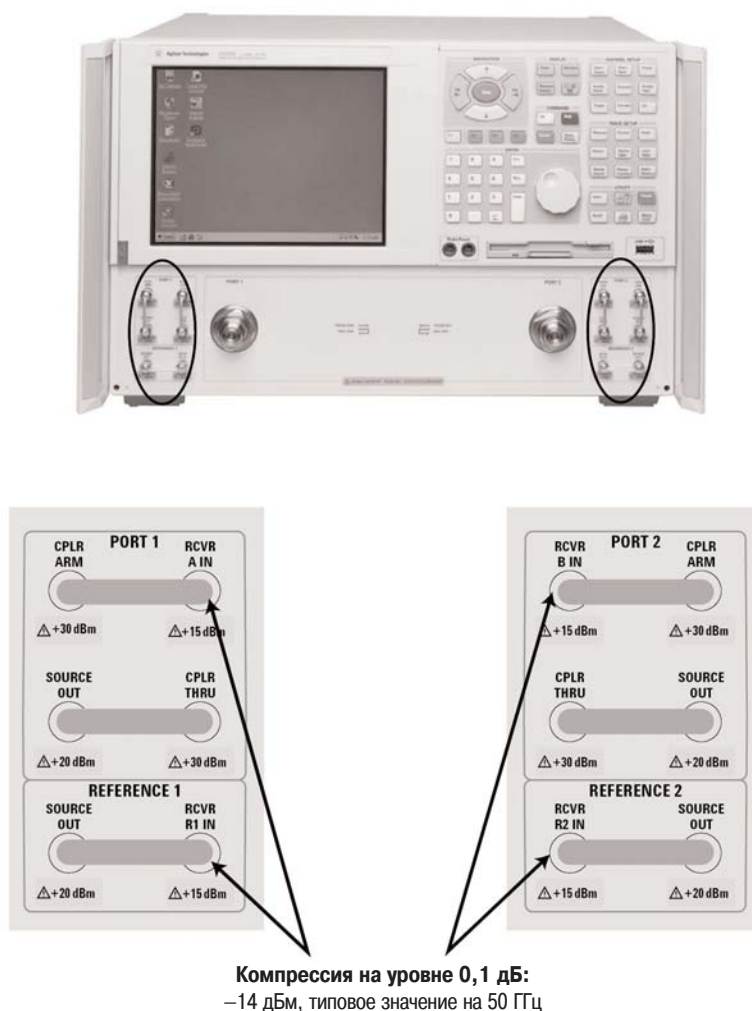


Рисунок 12 - Соединители передней панели

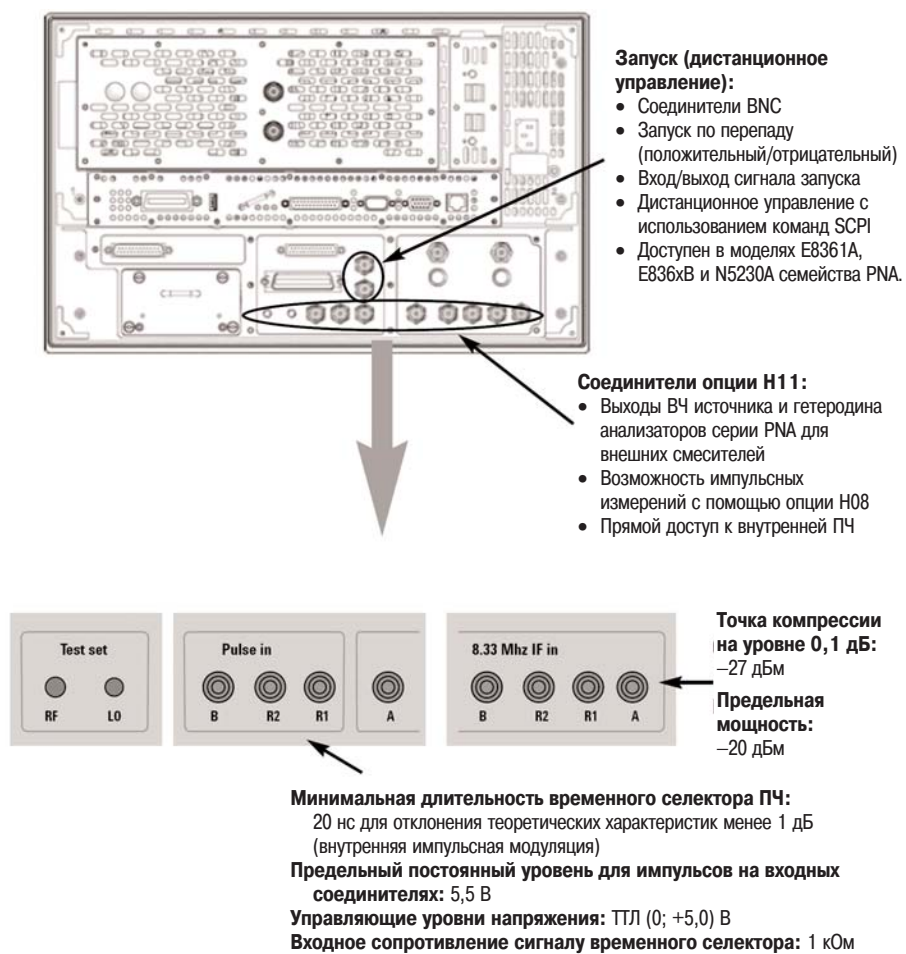


Рисунок 13 - Соединители задней панели

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 ПЧ первого каскада преобразователя. Внешний вход ПЧ позволяет подавать сигнал 8,33 МГц от внешних смесителей непосредственно на вход дискретизатора прибора серии PNA в обход ВЧ преобразователей 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 обеспечивает также доступ к источникам сигнала и гетеродина (от 1,7 до 20 ГГц) с задней панели прибора серии PNA. Этот двоярный источник устраняет необходимость применения отдельного синтезатора при использовании выносных смесителей. С задней панели не предусмотрено управление мощностью сигналом и гетеродином. 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 сигналов существенно сокращает время измерения. Это происходит за счет того, что перестройка частоты зависит исключительно от прибора серии PNA, в котором время перестройки определяется микросекундами, а не миллисекундами, как в большинстве источников.

Таблица 2. Типовые значения мощностей сигнала и гетеродина на выходах задней панели прибора серии PNA

Мощность гетеродина на задней панели (типичные значения)	
От 1,7 ГГц до 20 ГГц	От -16 до -7 дБм
Мощность сигнала на задней панели прибора E8362B (типичные значения)	
От 1,7 ГГц до 20 ГГц	От -16 до -5 дБм (при мощности -5 дБм на измерительном порте ¹⁾)
Мощность сигнала на задней панели прибора E8363B/E8364B (типичные значения)	
От 1,7 ГГц до 10 ГГц	От -12 до -2 дБм (при мощности -5 дБм на измерительном порте ¹⁾)
От 10 ГГц до 16 ГГц	От -8 до 0 дБм (при мощности -5 дБм на измерительном порте ¹⁾)
От 16 ГГц до 20 ГГц	От -1 до +5 дБм (при мощности -5 дБм на измерительном порте ¹⁾)

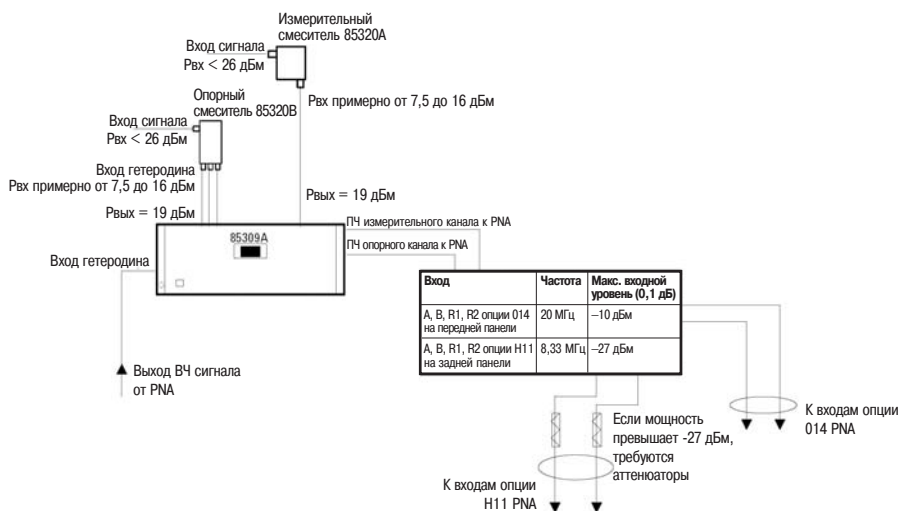


Рисунок 14 - Диаграмма соединений и требования к входным уровням для опций H11 и 014 серии PNA

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

Устройство распределения сигналов гетеродина/ПЧ 85309 взаимодействует с прибором серии PNA двумя способами, подавая либо сигнал ПЧ 20 МГц, либо сигнал ПЧ 8,33 МГц. До настройки измерения важно уяснить эту разницу.

85309A с прибором серии PNA, оснащенным опциями 014 и 080

В этом случае анализатор серии PNA работает в режиме смещения частоты и 85309A должен создавать сигнал ПЧ 20 МГц. Приёмник настроен на 20 МГц и источники сигнала и гетеродина должны быть отстроены друг от друга на 20 МГц. Измерительный и опорный сигналы подаются через переднюю панель в обход внутреннего ответвителя прибора серии PNA. Такая конфигурация снижает уровень шума от 10 до 38 дБ. Однако работа в режиме смещения частоты приводит к снижению скорости перестройки частоты.

85309A с прибором серии PNA, оснащенным опциями 014, 080, 081, UNL и H11

В этом случае 85309A должен создавать сигнал ПЧ 8,33 МГц. Источники сигнала и гетеродина должны быть отстроены друг от друга на 8,33 МГц. Нормальная работа анализатора серии PNA автоматически смещает внутренний гетеродин на 8,33 МГц от сигнала. Выше 20 ГГц прибор серии PNA переключается на 3-ю гармонику, поэтому $f_{\text{сигн.}} - 3 f_{\text{гетер.}} = 8,33 \text{ МГц}$. Такая конфигурация позволяет подключить выход ПЧ 85309A к входам ПЧ задней панели опции H11 в обход первого смесителя серии PNA. Эта конфигурация обеспечивает наивысшую чувствительность.

Примечание

Следующие уравнения не требуются для частот ниже 20 ГГц. На низких частотах смесители прибора серии PNA работают на первой гармонике гетеродина, частота которого смещается на 8,33 МГц автоматически.

Установка частоты гетеродина прибора серии PNA для обеспечения ПЧ 8,33 МГц

Гетеродин прибора серии PNA должен быть настроен таким образом, чтобы смесители выдавали ПЧ 8,33 МГц на входы опции H11. Использование уравнений, приведённых ниже, позволяет рассчитать соответствующие частоты гетеродина.

Использование для гетеродинного входа 85309A гетеродина, доступного на задней панели с опцией H11

Известно, что для смесителя $ПЧ = N \times f_T - f_C$

где N - номер гармоники внешнего смесителя,
 f_T - частота гетеродина,
 f_C - частота сигнала

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

Подставив f_T 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 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

$$8,33 = N \times 8,33 + N \times \text{смещение} = (1 - N) \times 8,33 = N \times \text{смещение}$$

$$\text{Следовательно, смещение (МГц)} = \left(\frac{1-N}{N} \right) \times 8,33$$

При помощи диалогового окна опции 080 (см. рисунок 15) 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.

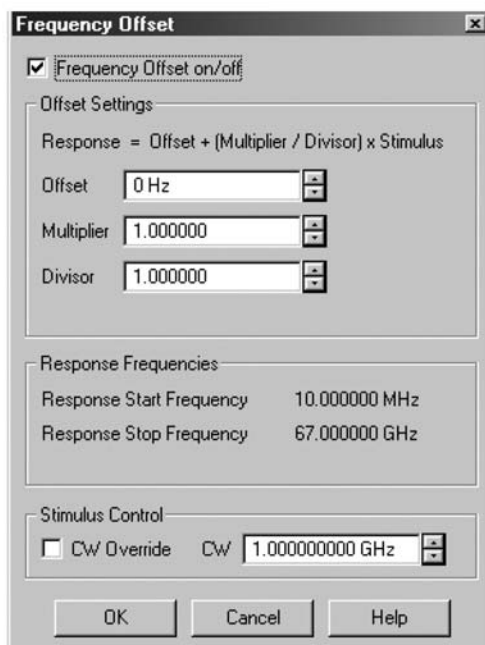


Рисунок 15 - Диалоговое окно опции 080

Использование выхода источника порта 1 на передней панели прибора серии PNA в качестве входа гетеродина для 85309

Известно, что для смесителя ПЧ $f_{IF} = N \times f_H - f_C$

где N - номер гармоники внешнего смесителя,
 f_H - частота гетеродина,
 f_C - частота сигнала

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

Для установки частоты гетеродина блока 85309A следует просто настроить выход источника PNA на частоту гетеродина, вычисленную выше.

Включение опции H11

Несмотря на то, что прибор имеет опцию H11, необходимо убедиться, что переключатель ПЧ установлен в правильное положение для нормального функционирования этой опции.

Выбрать **Channel > Advanced > IF Switch Configuration**

Затем выбрать **External** для обоих **входов ПЧ (IF Input)**

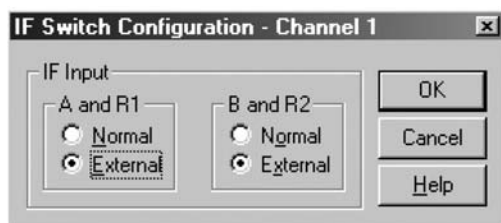


Рисунок 16 - Разрешение внешних входов ПЧ

Запуск

Обычно в антенных измерительных системах приборы серии PNA работают с внешним запуском. Внешний запуск служит для синхронизации сбора данных в приборе серии PNA с другим оборудованием, таким как источники сигналов и системы позиционирования антенны. Он также используется для связи измерения с заданным углом поворота антенны. Большинство запусков задаётся по перепаду.

Для настройки запуска в выпадающем меню выбрать **Sweep > Trigger > Trigger**. После этого появится диалоговое окно, показанное слева на рисунке 17. Установить селективные кнопки в групповых блоках **Trigger Source** (источник запуска), **Trigger Scope** (сфера действия запуска) и **Channel Trigger State** (состояние запуска в канале), затем щёлкнуть по клавише **External Trigger** (внешний запуск) для установки параметров запуска, как показано в диалоговом окне справа на рисунке 17.

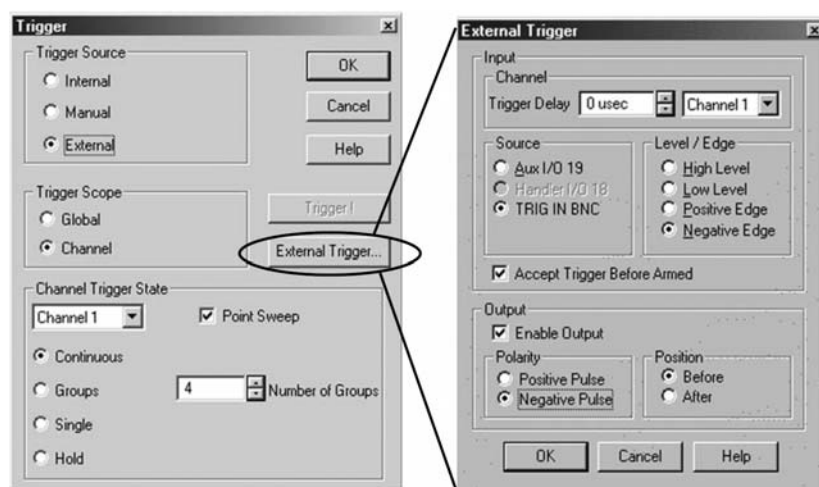


Рисунок 17 - Система запуска серии PNA

При установке флага "Accept Trigger Before Armed" (прием запуска до готовности прибора) как только прибор серии PNA становится готовым к запуску, он сразу запускается, если в течение последнего цикла сбора данных были приняты любые сигналы запуска. Прибор серии PNA помнит только один запускающий сигнал. Все остальные игнорируются. Если этот флаг сброшен, любой сигнал запуска, полученный до того, как прибор серии PNA будет готов к запуску, игнорируется.

Если установлен флаг "Enable Output" (включение выхода) прибор серии PNA выдаёт на соединитель I/O (TRIG OUT) типа BNC на задней панели запускающие сигналы.

Позиция "Before" (до) или "After" (после) определяет, будет ли импульс запуска послан на выход ДО или ПОСЛЕ измерения в приёмнике.

Дополнительную информацию о настройке внешнего источника для работы с прибором серии PNA источника см. в приложении 3 на странице 62.

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 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.

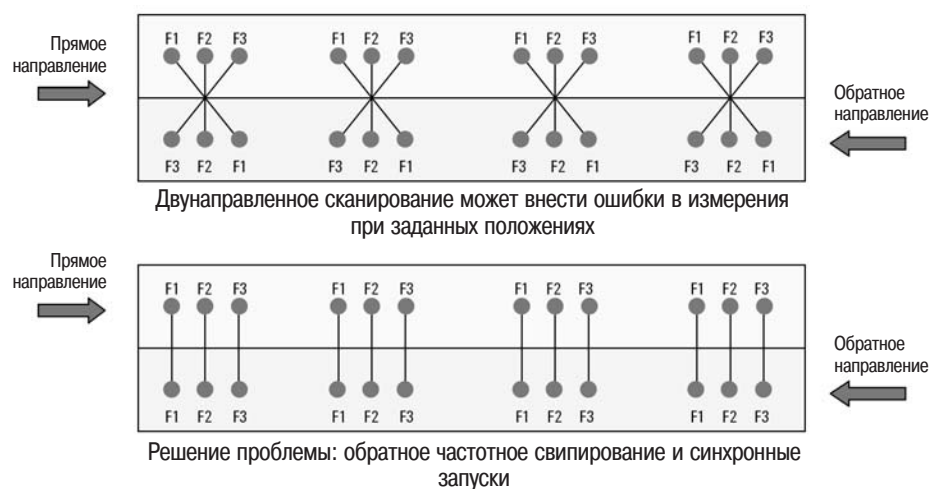


Рисунок 18 - Обратное свипирование и синхронные запуски

Функциональные испытания

Для проверки правильности конфигурирования прибора серии PNA с внешним источником с целью проведения антенных измерений предусмотрена специальная служебная программа. Эта служебная программа конфигурирует прибор серии PNA в качестве приёмника, который обменивается данными с внешними источниками через интерфейс GPIB. Запуск осуществляется путём обмена сигналами взаимодействия между прибором серии PNA и внешними источниками с использованием входов и выходов запуска, совместимых с TTL, 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 адресу <http://na.tm.agilent.com/pna/antenna>.

4. Переход от серии 8510/8530 к PNA

Переход от антенных систем, основанных на серии 8510/8530, к системам на основе анализаторов цепей серии PNA

В таблице 3 показаны различные составляющие антенных систем, основанных на серии 8510/8530, и их рекомендуемые замены. При рекомендованных в списке ниже заменах некоторые интерфейсные требования отличаются. См. интерфейсные требования (страница 23) в разделе "Анализ проблем разработки антенной измерительной системы".

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

Системные компоненты	Описание	Рекомендуемая замена серии PNA	Описание
8510C	Анализатор цепей	Определяется измерительным блоком	
8510C-008	Анализатор цепей с функцией импульсных измерений	Определяется измерительным блоком	
8514B	Измерительный блок от 45 МГц до 20 ГГц	E8362B	10 МГц - 20 ГГц
8515A	Измерительный блок от 45 МГц до 26,5 ГГц	E8363B	10 МГц - 40 ГГц
8517B	Измерительный блок от 45 МГц до 50 ГГц	E8364B	10 МГц - 50 ГГц
85110A	Импульсный измерительный блок от 2 до 20 ГГц	E8362B с опциями H11, H08, 014, 080, 081, UNL	10 МГц - 20 ГГц с доступом к ПЧ и функцией импульсных измерений
85110L	Импульсный измерительный блок от 45 МГц до 2 ГГц	E8362B с опциями H11, H08, 014, 080, 081, UNL	10 МГц - 20 ГГц с доступом к ПЧ и функцией импульсных измерений
8530A	СВЧ приёмник	Определяется измерительным блоком	
8511A	Преобразователь частоты от 45 МГц до 26,5 ГГц	E8363B с опцией 014	10 МГц - 40 ГГц с конфигурируемым измерительным блоком
8511B	Преобразователь частоты от 45 МГц до 50 ГГц	E8364B с опцией 014	10 МГц - 50 ГГц с конфигурируемым измерительным блоком
85105A	Контроллер измерительного блока миллиметрового диапазона	N5260A	Миллиметровый измерительный блок с внешними устройствами
Q85104A	Модуль измерительного блока от 33 до 50 ГГц	E8364B или головка OML	10 МГц - 50 ГГц
U85104A	Модуль измерительного блока от 40 до 60 ГГц	E8361A или головка OML	10 МГц - 67 ГГц
V85104A	Модуль измерительного блока от 50 до 75 ГГц	N5250A или головка OML	10 МГц - 110 ГГц
W85104A	Модуль измерительного блока от 75 до 110 ГГц	N5250A или головка OML	10 МГц - 110 ГГц
Серия 8360	Источники ВЧ	Не требуется	

Инженерное обслуживание, обеспечиваемое при переходе от серии 8510/8530 к серии PNA

Для пользователей, работающих в настоящее время с сериями 8510/8530, компания Agilent предлагает широкий спектр технических услуг, включающий обучение, преобразование кодов и/или разработку плана проведения испытаний. Эти услуги позволяют потребителю без затруднений воспользоваться преимуществами и превосходными характеристиками серии PNA.

Эксперты по анализаторам цепей компании Agilent помогут сэкономить время и деньги за счёт лёгкого и быстрого перехода от приборов серии 8510.

Таблица 4 - Рекомендуемые консалтинговые услуги

Примечание	Сценарий перехода	Рекомендуемая услуга	Описание
Дополнительные консалтинговые услуги можно приобрести во время покупки прибора или позднее путём заказа продукта под кодовым номером PS-S20-100.	Для пользователей, переходящих от анализаторов цепей 8510 к новым приборам серии PNA	H7215B-203	Курс обучения работе с анализатором цепей серии PNA
	Для программистов, преобразующих автоматизированные системы на основе анализаторов цепей 8510 в системы на основе серии PNA	R1362A-116	Услуга по преобразованию программ испытаний, написанных для 8510, в код для PNA
		H7215B-204	Учебный курс по программированию серии PNA с использованием SCPI
		H7215B-205	Учебный курс по программированию серии PNA с использованием COM
	Для инженеров, разрабатывающих планы проведения испытаний с использованием новых функций высокопроизводительных приборов серии PNA	R1361A-112	Услуга по разработке плана проведения испытаний с использованием анализатора цепей

Примеры переходов

При переходе от анализаторов цепей 8510/8530 к серии PNA важно осознавать разницу в мощности, скорости и чувствительности приборов.

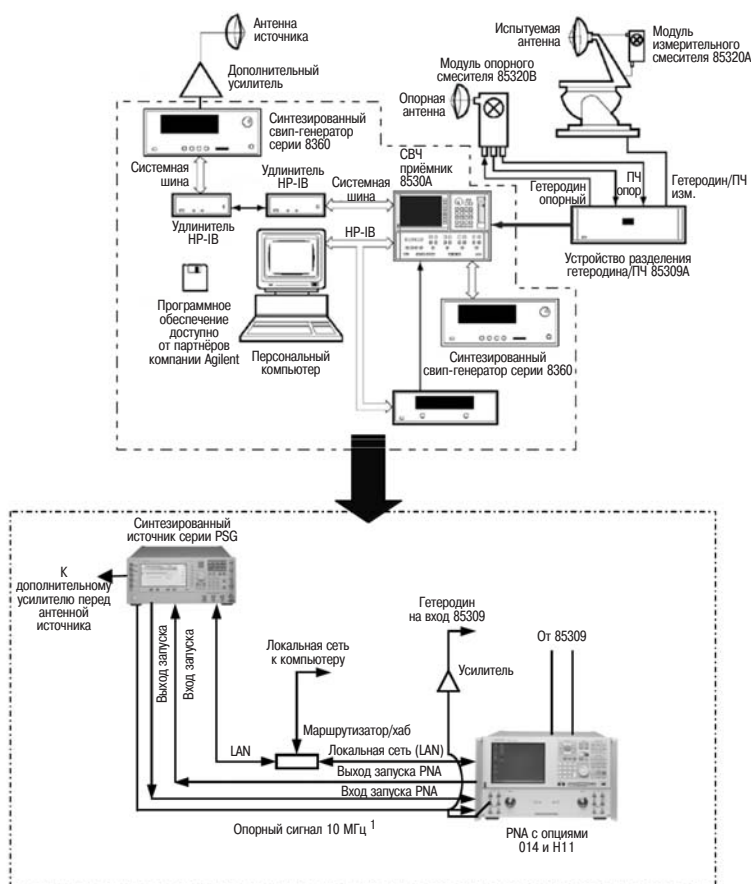
В конфигурации с выносом смесителей, оснащенной опцией H11, предельно допустимый уровень мощности серии PNA много меньше, чем у приборов 8510/8530. Необходимо при помощи включения аттенюаторов между 85309 и входами опции H11 обеспечить, чтобы мощность, поступающая на анализатор, не превышала -27 дБм. См. подраздел "Опция H11 - доступ к ПЧ" в этом документе на странице 25.

Внутренний источник серии PNA повышает скорость измерения по сравнению с внешним, однако этот внутренний источник не всегда удобен в использовании.

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

Программное обеспечение не переносится без изменения кода от 8510/8530 к PNA. Для наиболее быстрого дистанционного управления приборами серии PNA рекомендуется использовать программирование по технологии COM. См. подраздел "Автоматизация измерений" на странице 52. Для получения дополнительной помощи по программированию рекомендуется обратиться к инженеру по прикладным системам компании Agilent.

Следующие два примера концептуально показывают, как перевести антенную систему от приборов 8510/8530 к серии PNA. Поскольку каждая система обладает индивидуальными особенностями, невозможно показать все требуемые изменения. См. раздел "Анализ проблем разработки антенной измерительной системы" выше. Для получения дополнительной помощи рекомендуется обратиться к инженеру по прикладным системам компании Agilent.



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.

Рисунок 19 - Перевод системы для дальней зоны с прибора 85301 на серию PNA

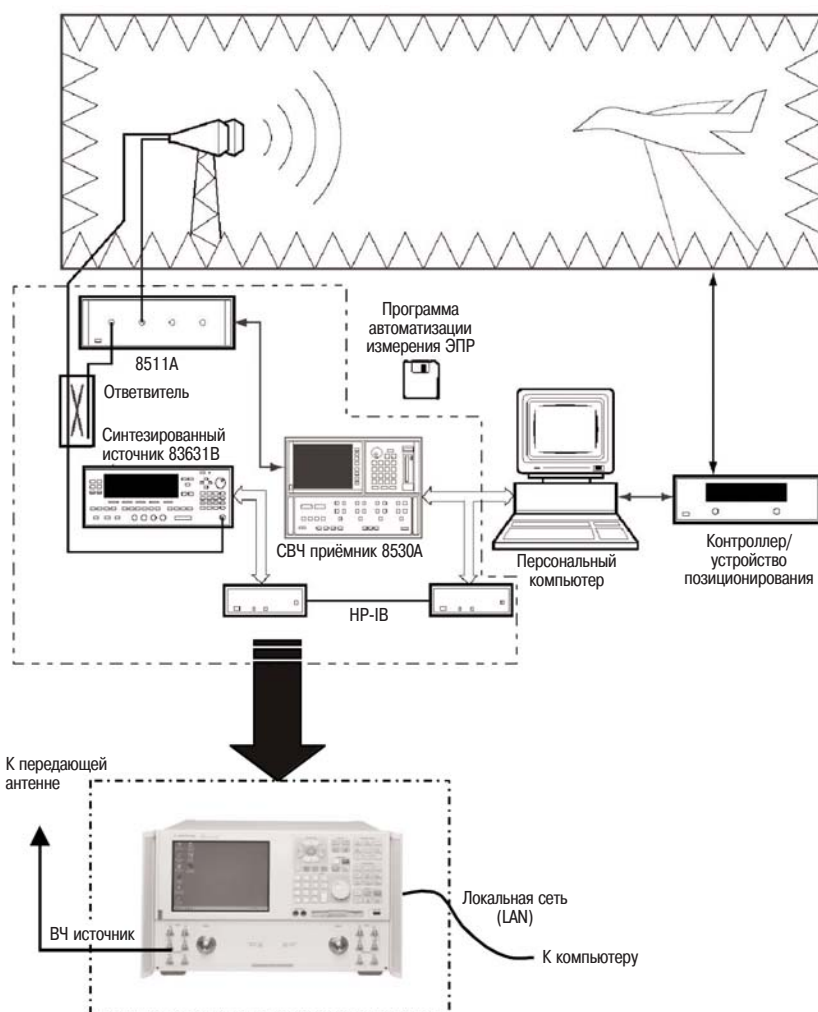


Рисунок 20 - Перевод системы измерения ЭПР от прибора 85301 к прибору серии PNA

5. Каталог компонентов для антенных измерений

Анализаторы цепей СВЧ



Рисунок 21 - Анализатор цепей серии PNA

Анализаторы цепей серии PNA

СВЧ приборы серии PNA представляют собой законченные векторные анализаторы цепей, оснащённые 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, несколькими измерительными каналами 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 пользователю выбрать оптимальное соотношение между чувствительностью и скоростью измерения.
- Чрезвычайно высокая скорость передачи данных достигается при использовании функций COM/DCOM.
- Гибкость, обеспеченная 4 одновременно работающими измерительными приёмниками и 16001 точкой в каждом графике.
- Возможность импульсных измерений в режиме точка-в-импульсе с длительностями импульсов менее 100 нс.
- Съёмный накопитель на жестких магнитных дисках (НЖМД) обеспечивает защиту данных.

Опции

Измерения во временной области (опция 010)

В анализаторе цепей серии PNA предусмотрена дополнительная возможность измерений во временной области. Временная область часто используется для определения местоположений источников отражений внутри безэховой камеры. Знание расстояния от антенны источника до источника отражения помогает оператору локализовать источники отражений, идентифицировать их и ослабить отражённые сигналы. На рисунке 23 показаны отклики во временной области компактного измерительного антенного полигона; различные источники идентифицированы.

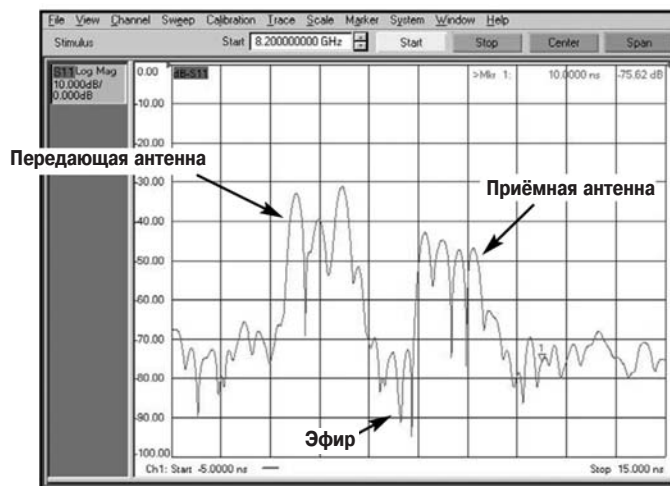


Рисунок 22 - Характеристика во временной области

Конфигурируемый измерительный блок (опция 014) ¹

Обеспечивает шесть петель доступа с передней панели. Три петли доступа относятся к порту номер один и три - к порту номер два. Эти петли обеспечивают доступ к сигнальным линиям между (а) выходом источника и опорным приёмником, (б) выходом источника и прямым каналом направленного ответвителя и (с) переходным плечом направленного ответвителя и приёмником порта. Эта опция повышает чувствительность прибора при измерении слабых сигналов путём предоставления пользователю возможности обойти внутренние ответвители и подать измерительные сигналы непосредственно на порт приёмника анализатора. (См. типовую блок-схему в брошюре "СВЧ анализаторы цепей компании Agilent серии PNA. Технические данные" (PNA Series Microwave Data Sheet), номер публикации 5988-7988RU.)

Смещение частоты (опция 080) ¹

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

Доступ к ПЧ (опция Н11)

Обеспечивает аппаратный временной селектор (импульсную модуляцию) для ПЧ и аппаратные средства, позволяющие проводить антенные и широкополосные миллиметровые измерения до 110 ГГц. Для каждого из измерительных приёмников прибора серии PNA добавляются временной селектор ПЧ (активируется функцией импульсных измерений, опция Н08) и внешние входы ПЧ. Опция Н11 полезна для антенных измерений с внешними смесителями. Использование внешнего доступа к ПЧ повышает чувствительность на величину до 20 дБ при антенных измерениях с выносом смесителей. Опция Н08 также необходима при решении прикладных задач, связанных с импульсными антенными измерениями. Широкополосные измерения до 110 ГГц требуют контроллера миллиметрового измерительного блока N5260A и измерительных головок. Для функционирования опции Н11 необходимо наличие опций 014, 080, 081 и UNL.

1. До 67 ГГц.

Импульсные измерения (опция H08) ¹

В приёмнике серии PNA предусмотрена дополнительная функция импульсных измерений (опция H08). Эта опция предоставляет программу для настройки и управления импульсными измерениями с возможными режимами точка-в-импульсе и профиль импульса.

Компания Agilent разработала новый способ достижения узкополосного детектирования с использованием более широких по сравнению с нормальными полос ПЧ при помощи уникального метода "спектрального зануления". Этот метод предоставляет пользователю возможность повышения скорости за счет уменьшения динамического диапазона, в результате чего почти всегда достигается более высокая скорость измерений 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 от коэффициента заполнения (удлинения 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 $20 \times 1g$ (коэффициент заполнения).

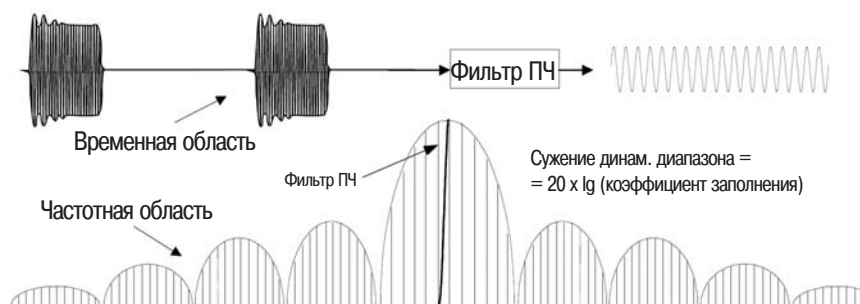


Рисунок 23 - Временная область

Временные селекторы ПЧ, используемые в опции H11, доступны только при наличии опции H08. H08 содержит все фирменные алгоритмы, необходимые для реализации спектрального зануления, используемого с узкополосным детектированием. H08 также управляет импульсным генератором (генераторами), используемым(и) в системе, и осуществляет измерения профиля импульса. Опция H08 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 приборе серии PNA. Это приложение VB используется для независимого настольного применения прибора. Оно взаимодействует с DLL и посылает соответствующие команды в прибор PNA и импульсный (импульсные) генератор(ы). Запуск приложения VB присваивается одной из макроклавиш прибора серии PNA для быстрого доступа.

См. перечень анализаторов цепей серии PNA, их частотные диапазоны, уровень мощности и чувствительность в таблице 1 раздела 3. Дополнительные параметры см. в брошюре "СВЧ анализаторы цепей компании Agilent серии PNA. Технические данные" (PNA Series Microwave Data Sheet), номер публикации 5988-7988RU.)

Более подробную информацию о возможностях импульсных измерений с помощью СВЧ анализаторов серии PNA см. на сайте компании Agilent www.agilent.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 импульсных измерений), номер публикации 5988-9833EN. Дополнительная информация содержится в рекомендациях по применению 1408-11, номер публикации 5989-0563EN, и в брошюре *Pulsed Antenna Measurements Using PNA Network Analyzers* (импульсные антенные измерения с использованием анализаторов цепей серии PNA), номер публикации 5989-0221EN.

1. До 67 ГГц.

Анализаторы цепей серии PNA-L

Серия PNA-L имеет множество таких же высоких характеристик, как семейство PNA, но отличается в следующем.

Опции H11, доступ к ПЧ, и H08, функции радиоимпульсных измерений, отсутствуют. Серия PNA-L не может быть расширена для работы в миллиметровом диапазоне длин волн.

Серия PNA-L позволяет устанавливать полосу ПЧ шире, чем в серии PNA, и имеет преимущество перед PNA в скорости. Она имеет несколько меньшую чувствительность, чем 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 (*PNA-L data sheet*), номер публикации 5989-0514EN.

ENA

Серия ENA отличается от PNA в следующем.

Опции H11 (доступ к ПЧ), H08 (импульсные измерения) 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.

Серия ENA является наиболее дешёвым техническим решением.

Дополнительную информацию и технические характеристики см. в брошюре *“ВЧ анализаторы цепей серии ENA компании Agilent. Технические данные” (ENA data sheet)*, номер публикации 5988-3780RU.

Источники



Рисунок 24 - Генераторы серии PSG

При выборе источника передатчика для антенного полигона наиболее важными характеристиками, которые следует принимать во внимание, являются диапазон частот и выходная мощность. Частотные требования будущего также нельзя упускать. Компания Agilent предлагает ряд генераторов сигналов с различными диапазонами частот и уровнями выходной мощности. Руководствуясь индивидуальными предпочтениями, пользователь может выбрать источник передатчика из таблицы 5. Если антенную измерительную систему предполагается использовать в импульсном режиме, необходимо заказать опцию UNU (импульсная модуляция) или опцию UNW (узкополосная импульсная модуляция).

Выбор источника передатчика можно сделать из следующей таблицы.

Таблица 5 - Источники

Источник	Диапазон частот	Выходная мощность на макс. частоте (типовое значение)	Повышенная мощность (опция 1 EA) на макс. частоте (типовое значение)
Аналоговые генераторы сигналов			
E8257D-520	250 кГц - 20 ГГц	+13 дБм	+20 дБм (+23 дБм)
E8257D-540	250 кГц - 40 ГГц	+9 дБм	+14 дБм (+17 дБм)
E8257D-550	250 кГц - 50 ГГц	+5 дБм	+11 дБм (+14 дБм)
E8257D-567	250 кГц - 67 ГГц	+5 дБм	+11 дБм (+14 дБм)
Векторные генераторы сигналов			
E8267D-520	250 кГц - 20 ГГц	+18 дБм (+22 дБм)	Неприменимо
E8267D-532	250 кГц - 31,8 ГГц	+14 дБм (+18 дБм)	Неприменимо
E8267D-544	250 кГц - 44 ГГц	+10 дБм (+13 дБм)	Неприменимо

Испытания в миллиметровом диапазоне

Для частот выше 67 ГГц предусмотрены модули измерительных головок миллиметрового диапазона. Эти модули требуют контроллера миллиметрового диапазона N5260A и внутреннего источника серии PNA. Выбор модуля источника можно сделать из таблицы 6. Компании Agilent и Oleson Microwave Laboratory могут предложить измерительные головки миллиметрового диапазона длин волн в различных конфигурациях, которые обеспечивают два измерительных канала, только передачу/отражение или работу с полной матрицей S-параметров, в зависимости от потребностей. За дополнительной информацией следует обращаться к коммерческому представителю компании Agilent

Таблица 6 - Конфигурации миллиметрового диапазона длин волн

	WR-15 50 - 75 ГГц	WR-12 60 - 90 ГГц	WR-10 75 - 110 ГГц	WR-08 90 - 140 ГГц	WR-06 110 - 170 ГГц	WR-05 140 - 220 ГГц	WR-03 220 - 325 ГГц
Контроллер измерительного блока	N5260A						
Модули измерительных головок	N5260AW15	N5260AW12	N5260AW10	N5260AW08	N5260AW06	N5260AW05	N5260AW03
Внешние синтезаторы	—			Рекомендуются: E8257D с опциями 520 и UNX (2 штуки; один для сигнала, другой для гетеродина)		Требуются: E8257D с опциями 520 и UNX (2 шт.; один для сигнала, другой для гетеродина)	

Дополнительную информацию можно найти в брошюрах, содержащих технические данные генераторов серии PSG (*PSG data sheets*), номера публикаций 5989-0698EN (E8257D) и 5989-0697EN (E8267D), или в *техническом обзоре серии PNA для миллиметрового диапазона длин волн (PNA Millimeter-Wave Technical Overview)*, номер публикации 5988-9620EN.

Преобразователи частоты



Рисунок 25 - Устройство распределения сигналов гетеродина и ПЧ 85309A и модули смесителей 85320A/B

Устройство распределения сигналов гетеродина и ПЧ 85309A и модули смесителей 85320A/B преобразуют сигнал СВЧ в сигнал ПЧ, который может быть измерен в приборе серии PNA. В распределительном преобразователе частоты при преобразовании СВЧ вниз используются внешние смесители. Эти смесители могут располагаться непосредственно около испытываемой антенны. Полоса рабочих частот зависит от частотного диапазона выбранных внешних смесителей.

Особенности

- Возможность располагать смесители на испытываемой антенне, что обеспечивает минимальные потери в кабелях
- Возможность преобразования по первой гармонике до 18 ГГц для повышенной чувствительности
- Лучшее подавление паразитных сигналов

Описание

Устройство распределения сигналов гетеродина и ПЧ 85309A содержит гетеродинные усилители, которые усиливают сигнал гетеродина, поступающий по ВЧ кабелям. Высокая мощность этих сигналов позволяет располагать смесители на удалении до 7 и более метров от 85309A. Поскольку в устройстве 85309A используются отдельные усилители для каждого канала, достигается изоляция между каналами в 100 дБ, которая позволяет снизить до минимума просачивание сигнала из опорного канала в измерительный и повысить точность измерений. В 85309A имеются также усилители ПЧ, которые служат предусилителями приёмника, значительно снижая общий коэффициент шума системы.

С целью поддержания оптимальных уровней гетеродинных сигналов 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 гетеродина для обоих смесителей.

Внутренний фильтр в опорном канале ПЧ предназначен для пропускания частот ниже 20 МГц. Это позволяет пропускать ПЧ сигналы в обеих опциях серии PNA: 014 и H11.

Технические характеристики

Номинальные характеристики каналов

Таблица 7 - Технические характеристики 85309A

Характеристики	Миним. значение	Тип. значение	Максим. значение	Единица измерения	Условия измерения
Диапазон частот	0,3		18 ¹	ГГц	
Выходная мощность (гетеродинные порты)		19 ²		дБм	
Неравномерность выходной мощности между каналами			±2	дБ	
Входные потери на отражения гетеродина		9		дБ	
Выходные потери на отражения гетеродина		7		дБ	
Усиление канала ПЧ для малого сигнала	21		25	дБ	20 МГц -35 дБм на входе

1. Максимальная частота измерения зависит от выбранных смесителей. Имеется выбор смесителей до 50 ГГц, однако преобразование по первой гармонике ограничено частотой 18 ГГц.

2. См. конкретные уровни мощности для смесителей на рисунке 26.

Предельно допустимые значения

Входная мощность гетеродина (НГ)	+23 дБм
Входная мощность ПЧ опорного канала (НГ)	+13 дБм
Вход детектора опорного канала	±20 В постоянного тока
Вход Z/гашения	±10 В постоянного тока
Температура хранения	от -40 до +75 °C
Рабочая температура	от 0 до +55 °C

Расстояния до выносных смесителей

Смесители требуют определённой мощности гетеродинного сигнала; максимальная длина кабелей определяется выходной мощностью устройства распределения сигналов гетеродина и ПЧ 85309A и потерями в кабелях. Максимальная длина кабелей может быть вычислена при помощи следующих выражений:

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

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

На следующей диаграмме показаны уровни мощности для различных конфигураций смесителей.

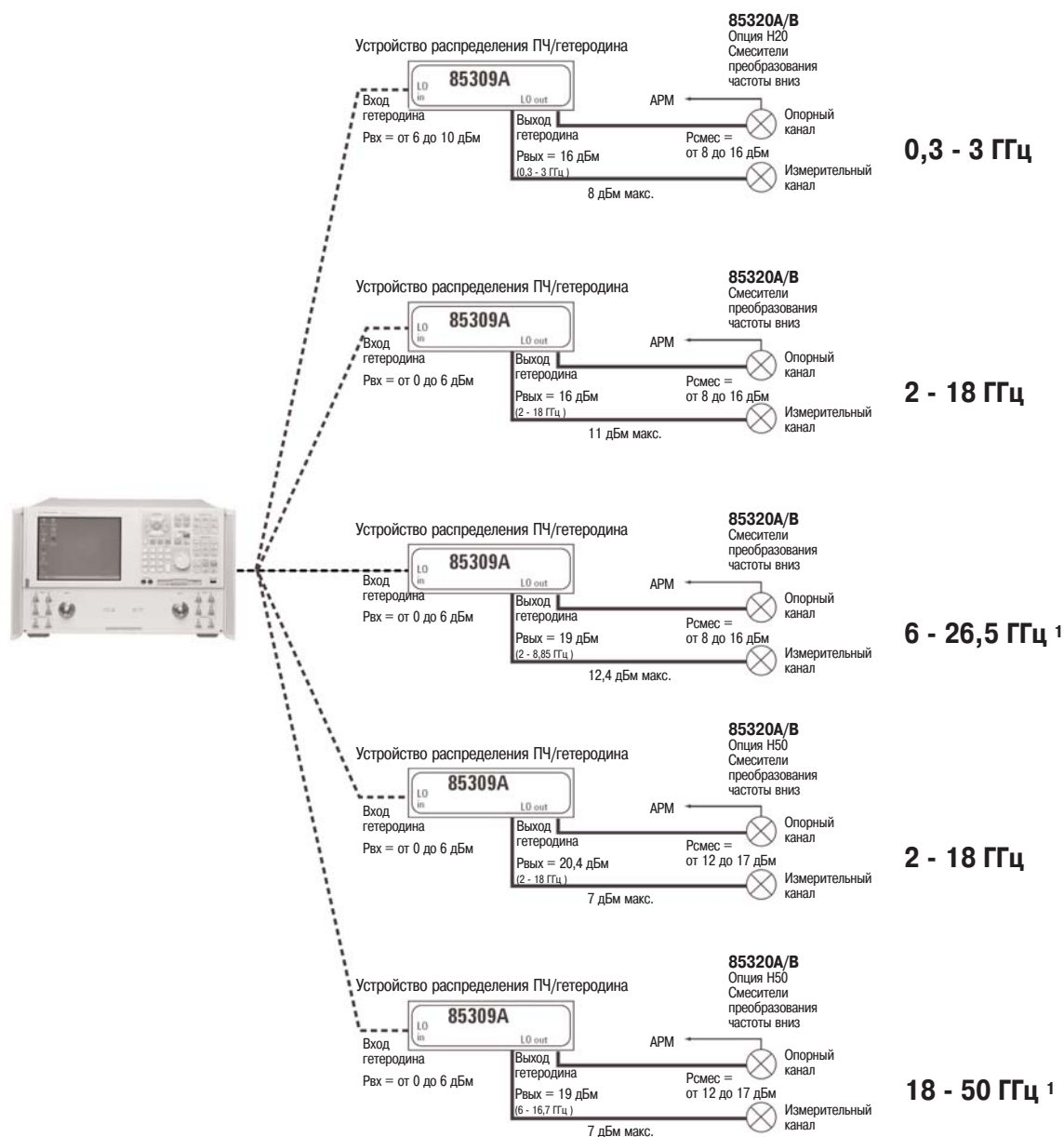


Рисунок 26 - Конфигурации с внешними смесителями и устройством 85309A

Опции 85309A

- Опция 001 добавляет второй измерительный канал; в сумме обеспечивает два измерительных и один опорный канал.
- Опция 002 добавляет два дополнительных измерительных канала; в сумме обеспечивает три измерительных и один опорный канал.
- Опция 908 набор для встраивания в стойку; без ручек.
- Опция 913 набор для встраивания в стойку; с ручками.
- Опция 910 дополнительное руководство.
- Опция W30 расширенная гарантия с возвратом в компанию Agilent.
- Опция W31 расширенная гарантия на месте установки.

1. Смесители работают по третьей гармонике.

Специальные опции

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

Дополнительная информация

Соединители	Тип N, розетка
Условия эксплуатации	Рабочая температура: 0 to 55 °C
Нерабочие условия	от -40 до 75 °C; относительная влажность от 5 до 90 %, без конденсации влаги
Потребляемая мощность	От 47,5 до 66 Вт, 100–120 или 220–240 В ($\pm 10\%$); 125 ВА максимум
Масса	15,5 кг
Габаритные размеры	Ширина 460 мм x высота 133 мм x длина 533 мм

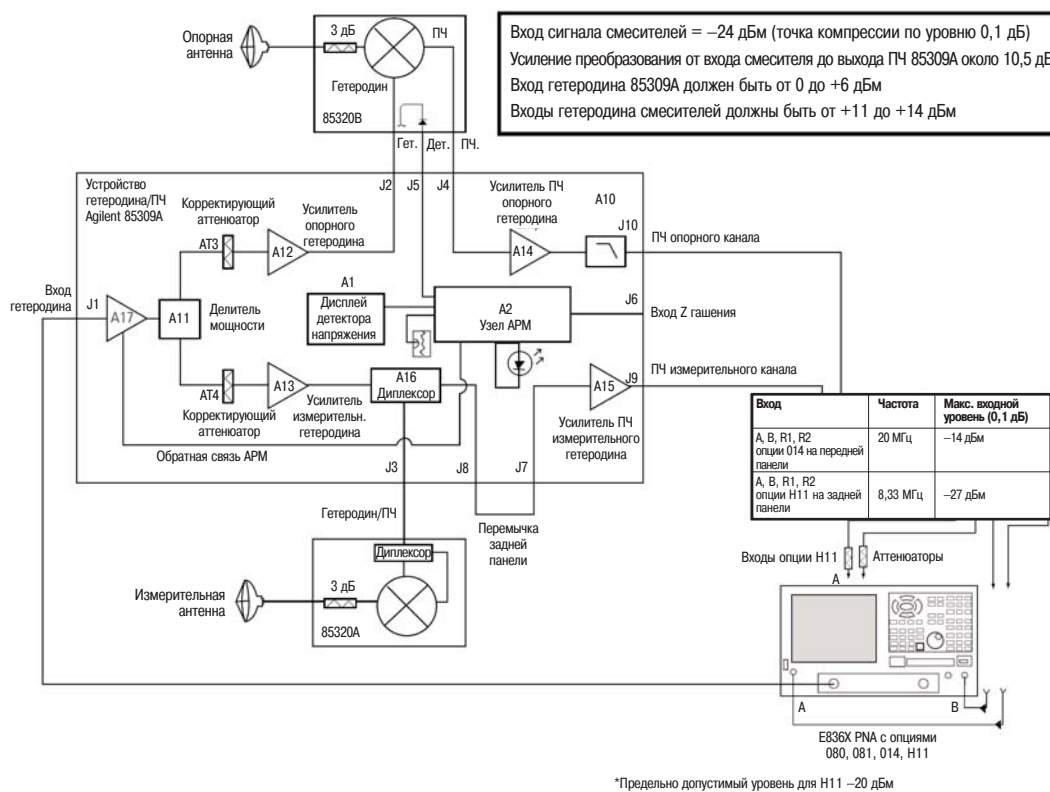


Рисунок 27 - Схема функциональная устройства распределения сигналов ПЧ/гетеродина 85309A

Устройства распределения сигналов гетеродина/ПЧ большой мощности 85309А-Н30, -Н31 и -Н32

85309А-Н30, -Н31 и -Н32 являются мощными версиями устройства 85309А распределения сигналов гетеродина/ПЧ. Н30, Н31 и Н32 обозначают специальные опции 85309А для большой мощности:

85309А-Н30: большая выходная мощность; один измерительный канал и один опорный канал.

85309А-Н31: большая выходная мощность; два измерительных канала и один опорный канал.

85309А-Н32: большая выходная мощность; три измерительных канала и один опорный канал.

Технические характеристики

Таблица 8. Технические характеристики 85309А-Н30, -Н31 и -Н32

Характеристики	Миним. значение	Типовое значение	Максим. значение	Единицы измерения	Условия измерения
Диапазон частот	0,3		18	ГГц	
Выходная мощность	+21,5	> +24,5 ¹ > +25 ¹		дБм	От 0,3 до 0,5 ГГц, вход 0 дБм Вход +6 дБм
Выходная мощность	+22,75	> +25 ¹		дБм	От 0,5 до 3 ГГц, вход 0 дБм Вход +6 дБм
Выходная мощность	+24,75	> +27 ¹ > +30 ¹		дБм	От 3 до 6,2 ГГц, вход 0 дБм Вход +6 дБм
Выходная мощность	+22,75	> +26 ² > +25 ¹ > +28 ¹		дБм	От 6,2 до 18 ГГц, вход 0 дБм Вход +6 дБм
Неравномерность выходной мощности между каналами			±2	дБ	От 0,3 до 18 ГГц, вход 0 дБм или вход +6 дБм
Входные потери на отражения гетеродина		9		дБ	От 0,3 до 18 ГГц, вход 0 дБм или вход +6 дБм
Выходные потери на отражения гетеродина		7		дБ	От 0,3 до 18 ГГц, вход 0 дБм или вход +6 дБм
Усиление канала ПЧ для малого сигнала		21		дБ	20 МГц, вход -35 дБм

1. Типовое измерение в измерительном канале №3 85309А-Н32.

2. Типовое измерение в измерительном канале №3 85309А-Н32, от 6 до 9 ГГц, вход 0 дБм.

Предельно допустимые значения

Входная мощность гетеродина (НГ)	+23 дБм
Входная мощность ПЧ опорного канала (НГ)	+13 дБм
Вход детектора опорного канала (НГ)	±20 В постоянного тока
Вход Z/гашения	±10 В постоянного тока
Температура хранения	От -40 до +85 °С
Рабочая температура	От 0 до +50 °С

Прочая информация

Соединители: тип N, розетка

На следующей диаграмме показаны уровни мощности для различных конфигураций смесителей.

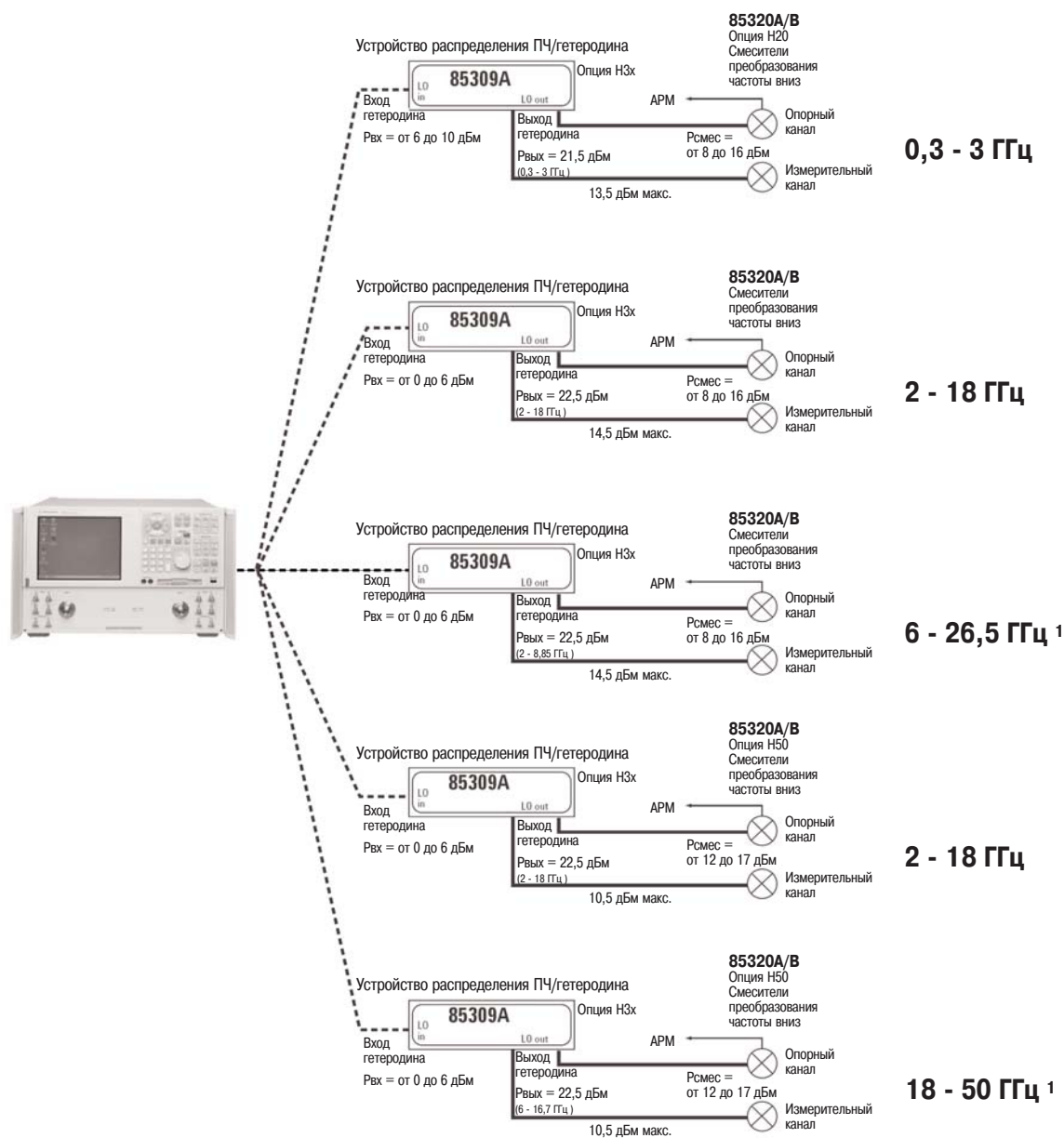


Рисунок 28 - Конфигурации устройства 85309A, оснащенного опцией H30, H31 или H32 с внешними смесителями

1. Смесители работают по третьей гармонике.

Модули смесителей 85320A/B



Рисунок 29 - Модули смесителей 85320A/B

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

Особенности

Модули смесителей являются широкополосными с различными рабочими частотами, которые обозначаются номером опции. Модули 85320A/B-H20 являются низкочастотными и работают на частотах от 300 МГц до 3 ГГц по первой гармонике. Модули 85320A/B работают по первой гармонике от 1 до 18 ГГц и могут использоваться по третьей гармонике в диапазоне частот от 6 до 26,5 ГГц. Модули 85320A/B-H50 работают по первой гармонике от 2 до 18 ГГц и по третьей гармонике от 18 до 50 ГГц. Преобразование по первой гармонике обеспечивает наименьшие потери преобразования и наивысшую чувствительность.

Измерительные смесители 85320A

85320A, 85320A-H20 и 85320A-H50 содержат диплексор, который объединяет вход гетеродина и выход ПЧ на один коаксиальный соединитель. Такое решение удобно для систем, использующих вращающееся сочленение.

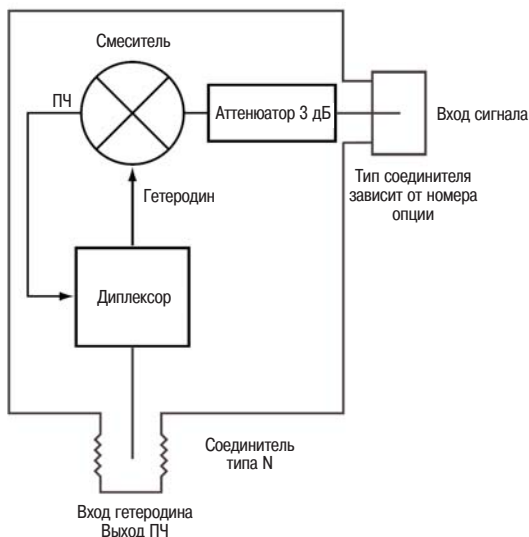


Рисунок 30 - Измерительный смеситель 85320A

Опорные смесители 85320A

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.

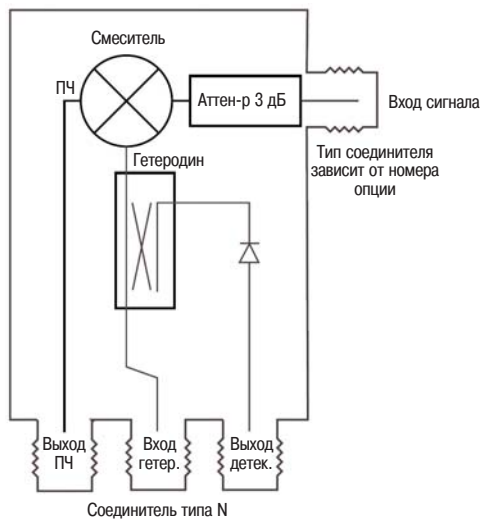


Рисунок 31 - Опорный смеситель 85320B

Технические характеристики

Диапазон частот

85320A/B-H20	Преобразование по первой гармонике	От 300 МГц до 3 ГГц
85320A/B	Преобразование по первой гармонике	От 1 до 18 ГГц
85320A-H50	Преобразование по первой гармонике	От 2 до 18 ГГц
85320A-H50	Преобразование по третьей гармонике	От 18 до 50 ГГц

Максимальные входные уровни

Максимальное постоянное напряжение на входе	10 В
Максимальный уровень мощности на входах сигнала или гетеродина	+20 дБм (опция H20) +26 дБм (станд. вариант, опция H50)

Таблица 9 - Мощность гетеродина

	Частота гетеродина	Миним. мощность	Тип. мощность	Максим. мощность
85320A/B-H20	От 0,3 до 3 ГГц	+8 дБм	+10 дБм	+16 дБм
85320A/B	От 1 до 18 ГГц	+7,5 дБм	+11 дБм	+16 дБм
85320A/B-H50	От 2 до 18 ГГц	+12 дБм	+14 дБм	+17 дБм

Таблица 10 - Потери преобразования

	Диапазон частот	Гармоника гетеродина	Типовые потери	Максим. потери
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
	От 16 до 26,5 ГГц	3	28,5 дБ	33 дБ
85320A/B-H50	От 2 до 18 ГГц	1	–12 дБ	
	От 18 до 50 ГГц	3	–28 дБ	

Типы соединителей

Вход сигнала

Тип N, розетка (опция H20)
3,5 мм, вилка (стандартный вариант комплектации)
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

От –40 до +75 °C; относительная влажность от 5 до 90% без конденсации влаги

Габаритные размеры

85320A (исключая соединители)

97 мм Ш x 122 мм Д x 34 мм В
(опции H20, H50)
83 мм Ш x 122 мм Д x 33 мм В
(стандартный вариант комплектации)

85320B (исключая соединители)

97 мм Ш x 186 мм Д x 31 мм В
(опции H20, H50)
92 мм Ш x 185 мм Д x 25 мм В
(стандартный вариант комплектации)

Масса

85320A-H20

700 г

85320A

615 г

85320A-H50

794 г

85320B-H20

840 г

85320B

840 г

85320B-H50

1021 г

Усилители

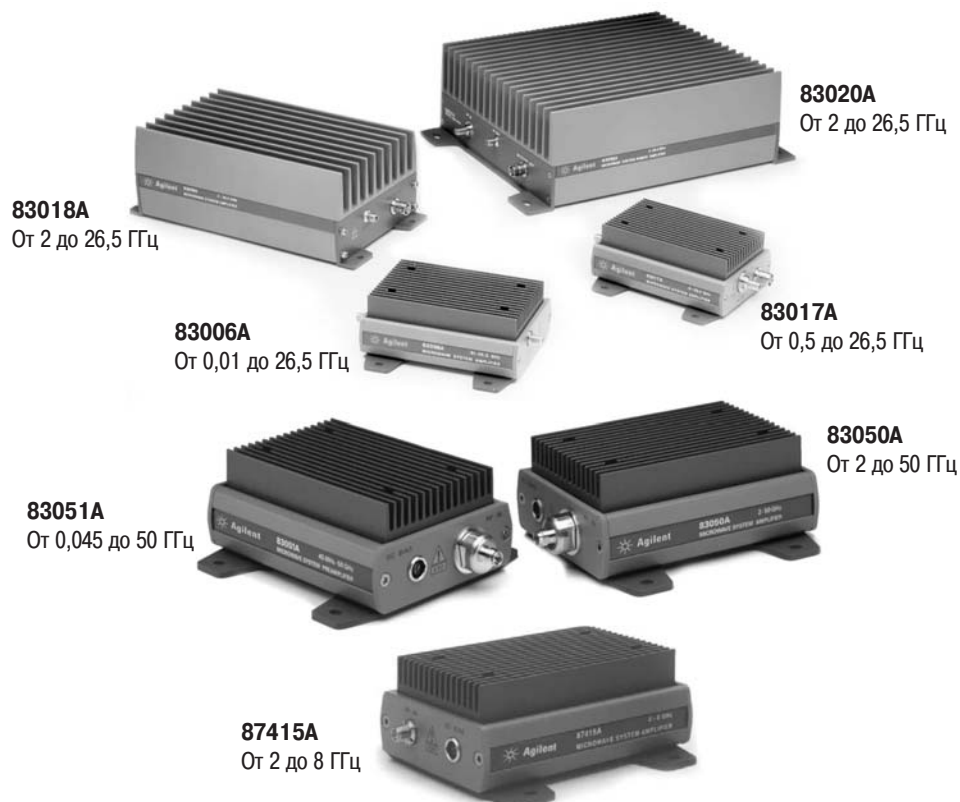


Рисунок 32 - Усилители

Компания Agilent Technologies, Inc. предлагает ряд усилителей, которые находят применение в антенных полигонах и полигонах для измерения ЭПР. Эти усилители имеют малые размеры, компактны, обладают большим коэффициентом усиления и большой выходной мощностью. Для этих усилителей требуется внешнее питание. См. полную информацию об усилителях в брошюре "Системные усилители СВЧ серии 83000A" (*83000A Series Microwave System Amplifiers*), номер публикации 5963-5110E. См. также брошюру "Технический обзор 87415A компании Agilent" (*Agilent 87415A Technical Overview*), номер публикации 5091-1358E, брошюру, содержащую технические данные на предусилитель 87405A компании Agilent (*Agilent 87405A Data Sheet*), номер публикации 5091-3661E.

Таблица 11 - Характеристики усилителей

Модель	Частота (ГГц)	Вых. мощность при насыщении $P_{нас}$ (дБм/мВт)	Вых. мощность при компрессии 1 дБ $P_{1дБ}$ (дБм/мВт) (мин)	Коефф-т усиления (дБ) (мин)	Коефф-т шума (дБ) (тип)	Выход детектора ¹ / соединитель пост. тока	Смещение в цепи 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 ² (64 – 7,8Δf) мВт ² (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 ² (1000 – 65Δf) мВт мин ² (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 ³ (80 – 3,1Δf) мВт ³ (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 +10/10 мин до 50 ГГц мин	+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

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

Рекомендуемые источники питания

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

Таблица 12 - Технические характеристики источников питания

Модель	Входное напряжение переменного тока	Выходное напряжение постоянного тока (номинальное значение)	Выходная мощность	Размер (В, Ш, Д)
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
87422A ¹	От 100 до 240 В 50/60 Гц	+15 В при 3,3 А, –15 В при 50 мА +12 В при 2,0 А, –12 В при 200 мА	70 Вт макс	86, 202, 276 мм

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

Многоканальные измерения



Рисунок 33 - 2- и 4-портовые PIN-переключатели

PIN-переключатель 85331B 1P2T (от 0,045 до 50 ГГц)
PIN-переключатель 85332B 1P4T (от 0,045 до 50 ГГц)

Примечание

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

PIN-переключатели 85331B и 85332B обеспечивают быстрое переключение между измерительными каналами. Высококачественные PIN-переключатели имеют изоляцию 90 дБ, малые потери и полосу частот от 45 МГц до 50 ГГц. Они являются поглощающими и обеспечивают хорошее согласование импедансов, которое играет ключевую роль в достижении точности измерений. Переключатели имеют малые размеры и устойчивы к климатическим воздействиям. На рисунке 34 показана типовая конфигурация с PIN-переключателями, соединёнными с передающей и испытуемой антеннами.

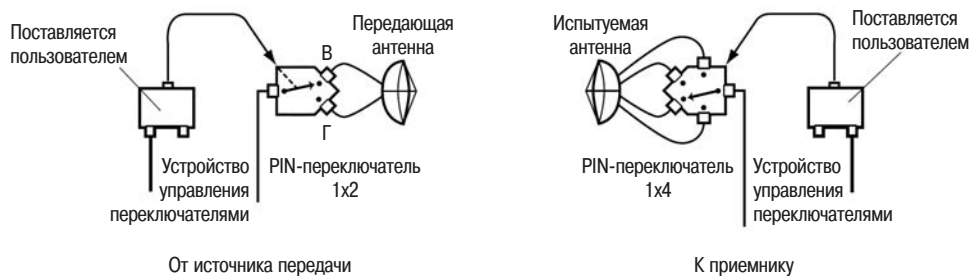


Рисунок 34 - Типовая конфигурация многоканальной многочастотной системы

Универсальность применения

Измерения в дальней зоне

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

Измерения в ближней зоне

В применениях ближней зоны 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 PIN-переключатель с целью быстрого переключения между двумя зондируемыми поляризациями.

Измерения эффективной площади рассеяния

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

Сложные конфигурации переключателей

Имеется возможность легко создавать сложные ветвления PIN-переключателей с множеством выходов. На рисунке 35 концептуально показано, как могут объединяться несколько PIN-переключателей. Подобные конфигурации применяются для измерений параметров фазированных антенных решёток.

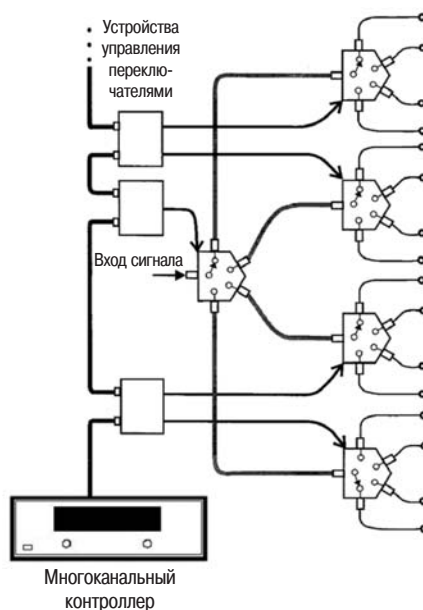


Рисунок 35 - Пример конфигурации переключателя 1x16, созданной из модульных компонентов

Технические характеристики переключателей

Таблица 13 - Характеристики 85331/32В

Номер модели	Диапазон частот (ГГц)	S21 в замкн. состоянии (дБ)	S21 в разом. состоянии (дБ)	S22 в разом. состоянии (дБ)	S22 в замкн. состоянии (дБ)	S11 в замкн. состоянии (дБ)	Макс. мощность (дБм)
85331В 1x2	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 1x4	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

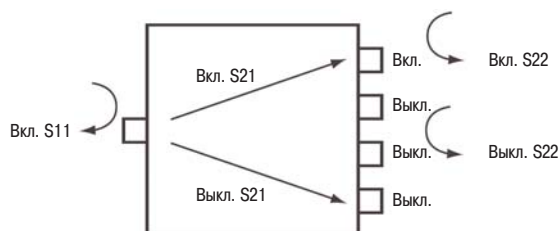


Рисунок 36 - Определения согласований портов переключателя для замкнутого (Вкл.) и разомкнутого (Выкл.) положений

Прочая информация

Соединители PIN-переключателя

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

Уровни управления

Расположение контактов показано на рисунке 37. Следует отметить, что паз и красная метка на внешнем кольце соединителя смещения используются для ориентации.

Для включения порта подать постоянное смещение -7 В ($\pm 0,35\text{ В}$). Ток приблизительно равен 41 мА . Для отключения порта подать постоянное смещение $+6,3\text{ В}$ ($\pm 0,32\text{ В}$). Ток приблизительно равен 95 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 мА для 85332В и 200 мА для 85331В.

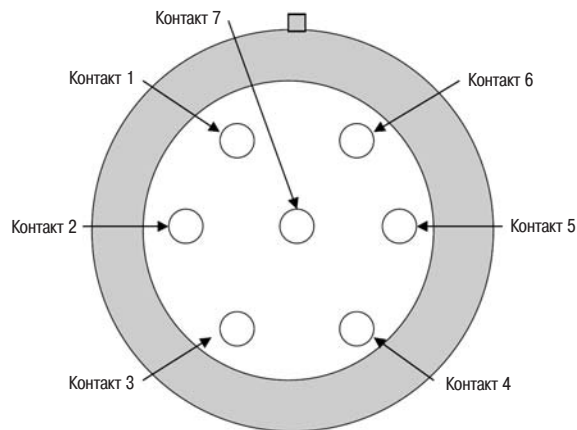


Рисунок 37 - Расположение контактов соединителя смещений (увеличено)

Примечание

Необходимые для этих PIN-переключателей средства управления, сопряжения и синхронизации могут поставляться торговыми партнерами компании Agilent.

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

Габаритные размеры и масса

65 мм x 70 мм x 70 мм

Около 0,35 кг

Условия эксплуатации

Рабочие условия

Температура от -20 до $55\text{ }^{\circ}\text{C}$

Влажность от 5 до 95% при $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ или менее (без конденсации влаги)

Нерабочие условия

Температура от -40 до $70\text{ }^{\circ}\text{C}$

Влажность от 5 до 95% при $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ или менее (без конденсации влаги)

Питание

Подаётся от внешнего контроллера

Автоматизация измерений

Анализаторы цепей серии PNA компании Agilent предусматривают несколько методов интерфейсных соединений для автоматизации антенных измерений. Приложения могут запускаться на внешнем компьютере или контроллере. Загружаемые пользователем приложения могут выполняться непосредственно под управлением внутренней операционной системы Windows прибора серии PNA. Автоматизация измерений позволяет пользователю быстро и легко управлять работой прибора 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, использующимся для взаимодействия с анализатором.

Имеется два способа дистанционного управления прибором серии PNA: модель компонентных объектов (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 библиотеки ввода-вывода SICL (Standard Instrument Control Library) с помощью установления соединения с локальной сетью.

COM использует двоичный протокол, позволяя пользователю напрямую вызывать функции прибора серии PNA. Он более эффективен, чем язык SCPI, основанный на тексте. Обычно COM работает быстрее, чем SCPI, и обычно проще в использовании.

При использовании SCPI в прибор серии PNA посылается текстовая строка, и программа синтаксического анализа SCPI в приборе 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 прибора серии PNA. Однако если программа пользователя использует слишком много системных ресурсов (циклов ЦП и/или памяти), это вызовет замедление работы прибора.

Дополнительную информацию можно найти в справочной системе анализатора цепей серии PNA (внутренний файл PNA). Этот файл можно загрузить с сайта компании Agilent по адресу: **www.agilent.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 заниматься разработкой программного обеспечения, либо совместно создавать его с одним из партнёров компании Agilent Technologies. Партнёры компании Agilent имеют программные средства, совместимые с драйверами PNA.

Приложение 1: функции защиты конфиденциальных данных в приборах серии PNA

Термины и определения

Очистка - это процесс стирания данных на носителях до повторного использования этих носителей, так что данные не могут больше быть восстановлены в приборе с использованием стандартных интерфейсов. Очистка используется, как правило, если прибор предполагается использовать в среде с приемлемым уровнем защиты.

Санитарная обработка - это процесс удаления или стирания запомненных данных таким образом, что данные не могут больше быть восстановлены с использованием никаких известных технологий. Санитарная обработка прибора обычно требуется, когда прибор перемещается из безопасной в небезопасную среду, например, при возврате на завод для калибровки (с прибора снимается гриф секретности). Процедуры санитарной обработки памяти компании Agilent предназначены для пользователей, которые обязаны соблюдать требования, определенные Службой защиты конфиденциальных данных Минобороны США (US Defense Security Service - DSS). Эти требования в общих чертах изложены в документе "Clearing and Sanitization Matrix" (матрица очистки и санитарной обработки), выпущенном Агентством по вопросам защиты информации (Cognizant Security Agency - CSA). Ссылки на эти требования содержатся в Справочнике по национальной программе защиты промышленных данных (National Industrial Security Program Operating Manual - NISPOM), номер документа DoD 5220.22M ISL 01L-1, раздел 8-301.

Аннулирование защиты. Относится либо к функции очистки, либо к функции санитарной обработки приборов компании Agilent.

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

Память прибора серии PNA

В этом разделе содержится информацию о типах памяти, имеющейся в приборах серии PNA. Объясняется понятие размера памяти, как она используется, её расположение, энергозависимость и процедура санитарной обработки.

Тип памяти	Возможность записи в процессе нормальной работы	Остаются ли данные при отключении питания?	Назначение/содержимое	Способ ввода данных	Расположение в приборе и примечания	Процедура санитарной обработки
Основная память (SDRAM)	да	нет	Оперативная память для микропрограмм	Операционная система (не пользователь)	Плата центрального процессора	Включение/выключение питания
Накопитель на жёстких магнитных дисках (НЖМД)	да	да	Файлы пользователя, включая состояния прибора и данные калибровки	Данные, сохраняемые пользователем	Извлекаемый со стороны задней панели	
ЭСППЗУ	нет	да	Приборная информация, такая как серийный номер, установленные опции, калибровочные коэффициенты	Только на заводе или уполномоченным персоналом	1, 2 или 3 ЭСППЗУ содержатся на большинстве плат ЦП	

Процедуры очистки памяти, санитарной обработки и/или удаления

В этом разделе объясняется, как следует очищать, санитарно обрабатывать и удалять память из прибора серии PNA для всей памяти, в которую может производиться запись при нормальной работе, и для которой процедура очистки и санитарной обработки не является тривиальной и связана, например, с перезагрузкой прибора.

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

Характеристики защиты данных при работе с интерфейсом пользователя и в режиме дистанционного управления

Гашение экрана и заголовков

Имеется возможность предотвращения появления информации о частотах на экране прибора серии PNA и в распечатках. Для установки уровня защиты в меню прибора серии PNA выбрать пункты меню System, затем Security. Когда установлен уровень защиты Low (низкий) или High (высокий), информация о частоте гасится в следующих местах:

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

Частотная информация **HE** гасится в следующих местах, независимо от уровня защиты:

- диалоговое окно приложения преобразователя частоты (Опция 083) или распечатки
- программы обслуживания
- программы COM или SCPI пользователя

Защита данных в запоминающих устройствах большой емкости с интерфейсом USB

Для предотвращения возможности записи по интерфейсу USB при работе в операционной системе 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 дистанционный доступ к порту посредством управления доступом 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 службы, общие для всех компьютеров, основанных на Windows, которые могут быть выборочно запрещены:

- http
- tp
- sockets
- telnet

Имеется также служба 'ping', которая не может быть выборочно запрещена. Это делает возможным определение IP-адресов подсоединённых приборов и позволяет запрашивать их настройки через internet, но эта служба может также использоваться для проникновения в код.

Процедура рассекречивания неисправного прибора

При отгрузке с завода все приборы 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\Agilent\Network Analyzer.

Если прибор 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 прибор 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 ЭСПЗУ 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 прибор 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\Agilent\Network Analyzer.

Примечание

Компания Agilent имеет страницу по мерам защиты данных для всех приборов на сайте **www.agilent.com/find/security**.

Рекомендуется посетить этот сайт для получения текущей информации по вопросам защиты данных.

Приложение 2: Выбор полосы ПЧ прибора серии PNA для функционирования, сравнимого с 8510

Усреднение в 8510 похоже на фильтрацию ПЧ в PNA, оба процесса подобны фильтрации в ЦСП. Полоса ПЧ в PNA похожа на усреднение в точке в 8510. Увеличение фактора 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 между реализациями 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 оно быстрее.

Установить простое соответствие между полосой ПЧ PNA и усреднением 8510 является сложной проблемой. 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 уровень шума СКЗ. 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 прибора серии PNA нужно выполнить два шага:

1. Измерить уровень шума в 8510
2. Определить эквивалентную полосу ПЧ 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 TN:
TN = масштаб: ____; ____; ____; ____; Среднее TN = ____
 - Повторить с шага k, по крайней мере, три раза. Усреднить полученные 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 для использования с прибором серии PNA

Соединить анализатор цепей серии PNA и генератор серии PSG/ESG, как показано на рисунке 38.

1. Настройка источника:

- a) Настроить пошаговый (синтезированный) режим: **старт, стоп, число точек**.
- b) Включить ручной режим: **on** (вкл).
- c) Установить направление свипирования в положение **up** (вверх).
- d) Установить режим свипирования в положение **continuous** (непрерывное).
- e) Установить запуск свипирования в положение **free run** (автоматический запуск).
- f) Установить полярность выхода запуска в положение **Negative** (отрицательная).
- g) Установить запуск точки в положение **Ext. Neg.** (Внеш. Отриц.).
- h) Установить выходную мощность в положение **-10 dBm** (-10 дБм).
- i) Установить выходную мощность в положение **ON** (ВКЛ).

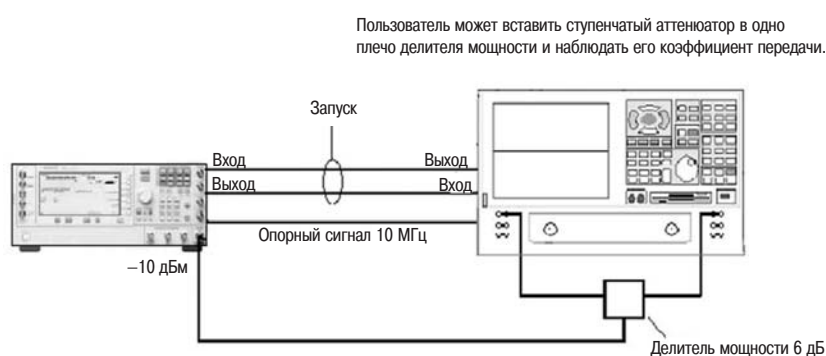
2. Настройка прибора серии PNA:

- a) Настроить входное отношение.
 - 1) Выбрать **Trace > Measure > Measure**.
 - 2) Теперь выбрать закладку **Receivers**.
 - 3) Настроить отношение **A/B**.
 - i) Выбрать окно **Activate**.
 - ii) В выпадающем меню выбрать "A" для **Numerator** (числитель) и "B" для **Denominator** (знаменатель).
- b) Установить полосу ПЧ 10 кГц.
 - 1) Выбрать **Sweep > IF Bandwidth**.
 - 2) Ввести значение "10 kHz".
 - 3) Щёлкнуть **OK**.
- c) Открыть диалоговое окно настройки свипирования.
 - 1) Выбрать **Sweep > Sweep Setup**.
 - 2) Выбрать **Channel "1"**.
 - 3) Выбрать пункт **Stepped Sweep**.
 - 4) Установить время выдержки, совпадающее со временем выдержки во внешнем источнике (обычно > 2 мс).
 - 5) Щёлкнуть **OK** (диалоговое окно закроется).
- d) Открыть диалоговое окно типа свипирования:
 - 1) Выбрать **Sweep > Sweep Type**.
 - 2) Выбрать тип свипирования **Linear Frequency**.
 - 3) Установить свойства свипирования: **старт, стоп** и **число точек**, используя выпадающие меню, чтобы эти свойства соответствовали настройкам внешнего источника.
 - 4) Щёлкнуть **Apply**, затем **OK**.
- e) Открыть диалоговое окно запуска.
 - 1) Затем выбрать **Sweep > Trigger > Trigger**.
 - 2) Нажать в блоке Trigger Source кнопку **External** (внешний).
 - 3) Нажать в блоке Trigger Scope кнопку **Channel** (канал).
 - 4) Выбрать в блоке Channel Trigger State "Channel 1" (канал один).
 - 5) Установить флаг **Point sweep**.
 - 6) Нажать кнопку **Continuous** (непрерывный).
 - 7) Затем щёлкнуть по клавише **External Trigger** (откроется диалоговое окно внешнего запуска).
 - i) Установить задержку запуска канала в положение "0usec" (0 мкс).
 - ii) Выбрать "Channel 1" (один).
 - iii) Нажать в блоке Source кнопку **TRIG IN BNC**.
 - iv) Нажать в блоке Level/Edge (уровень/перепад) кнопку **Negative Edge** (отрицательный перепад).
 - v) Установить флаг **Accept Trigger Before Armed** (прием запуска до его разрешения).
 - vi) Установить флаг **Enable Output** (разрешение выхода).
 - vii) Нажать в блоке Polarity (полярность) кнопку **Negative Pulse** (отриц. импульс).
 - viii) Нажать в блоке Position (положение) кнопку **Before** (до).
 - ix) Щёлкнуть **OK**.
 - x) Щёлкнуть **OK**.

- f) Теперь установить Manual Sweep (ручное свипирование) в положение On (Вкл) (это установит источник на первую частоту в списке).
- g) В приборе PNA выбрать **Sweep > Trigger > Hold**, а затем **Sweep > Trigger > Continuous** (это установит настройку прибора PNA на первую частоту в списке) ИЛИ нажать клавишу **[RESTART]**.
- h) Теперь во внешнем источнике установить Manual Sweep (ручное свипирование) из положения ON (вкл) в OFF (выкл).

Это заставит внешний источник выдавать импульс запуска на соединитель BNC на задней панели, который вызовет приращение частоты прибора PNA на одну точку в списке. Этот шаг по частоте заставит прибор PNA выдавать один импульс на соединитель BNC выхода сигнала запуска на задней панели. Этот импульс запуска вызовет приращение частоты внешнего источника на одну точку в списке. Этот процесс будет повторяться при продвижении по списку частот и с повторением свипирования.

Теперь график свипирования должен быть относительно плоским на экране прибора серии PNA.



Web-ресурсы

Для получения дополнительной информации о продукции и литературы рекомендуется посетить следующие Web-сайты компании Agilent.

Испытания антенн

www.agilent.com/find/antenna

СВЧ анализаторы цепей серии PNA

www.agilent.com/find/pna

СВЧ анализаторы цепей серии PNA-L

www.agilent.com/find/pnal

СВЧ анализаторы цепей серии ENA

www.agilent.com/find/ena

ВЧ и СВЧ принадлежности

www.agilent.com/find/accessories

Поддержка, услуги и помощь, оказываемые компанией Agilent Technologies при эксплуатации своей контрольно-измерительной аппаратуры в условиях пользователей

Компания Agilent Technologies ставит своей целью максимально увеличить ценность приобретаемой у нее аппаратуры с одновременной минимизацией риска и проблем пользователей. Компания стремится обеспечить гарантии получения функциональных возможностей испытаний и измерений, которые оплачены пользователем, и оказания такой поддержки, в которой он нуждается. Обширные ресурсы компании по поддержке и оказанию услуг предоставляют пользователю возможность сделать правильный выбор аппаратуры компании Agilent Technologies для своих конкретных применений и успешно их использовать. Каждый измерительный прибор или система, продаваемые компанией, обеспечены гарантией в любой стране мира. Гарантируется поддержка изделия по меньшей мере в течение пяти лет после снятия его с производства. Политика поддержки компании Agilent Technologies основана на ее приверженности двум идеям: "наше обязательство" и "ваша выгода".

Наше обязательство

Под "нашим обязательством" подразумевается, что контрольно-измерительная аппаратура, приобретенная у компании Agilent Technologies, соответствует опубликованным на нее техническим характеристикам и функциональным возможностям. Когда пользователь выбирает новую аппаратуру, компания предоставляет ему информацию по изделиям, включающую фактические рабочие характеристики и функциональные возможности, а также практические рекомендации опытных инженеров компании. В процессе эксплуатации аппаратуры компания Agilent Technologies может проверить правильность ее функционирования, оказать помощь в эксплуатации изделия и проконсультировать по методикам измерений с целью использования заданных функциональных возможностей. Все эти услуги предоставляются бесплатно по просьбе пользователя. В самой аппаратуре заложены средства автоматической выработки для пользователя соответствующих подсказок.

Ваша выгода

Под "вашей выгодой" подразумевается, что компания Agilent Technologies предоставляет широкий спектр экспертных услуг по испытаниям и измерениям, которые может приобрести пользователь в соответствии со своими уникальными техническими и деловыми потребностями. Пользователь может эффективно решать свои проблемы и получать преимущество в конкурентной борьбе за счет заключения контрактов с компанией по выполнению калибровок, модернизации аппаратуры за дополнительную плату, проведения ремонтных работ после окончания срока гарантии и обучения специалистов пользователя на их рабочих местах. Кроме того, могут заключаться контракты на разработку, системную интеграцию, руководство проектом и на другие профессиональные услуги. Опытные инженеры и техники компании Agilent Technologies во всех странах мира могут оказать пользователям помощь в повышении производительности, оптимизации дохода от эксплуатации приобретенных у компании измерительных приборов и систем и в получении достоверных результатов измерений с погрешностями, гарантированными компанией на весь срок службы своих изделий.

Для получения дополнительной информации по продуктам компании Agilent Technologies, предназначенным для измерений и испытаний, а также по их применению и обслуживанию, пожалуйста, обращайтесь в Российское представительство компании Agilent Technologies по адресу:

Россия, 113054, Москва,
Космодамианская набережная, д. 52, стр. 1

Тел: (495) 797 3963, 797-3900

Факс: (495) 797 3902, 797 3901

E-mail: tmo_russia@agilent.com

или посетите нашу страницу в сети Internet по адресу:

www.agilent.ru

Технические характеристики и описания изделий, содержащиеся в данном документе, могут быть изменены без предварительного уведомления.

© Авторское право Agilent Technologies, Inc., 2006

Отпечатано в России в июле 2006 года

Номер публикации 5968-6759RU



Agilent Email Updates

www.agilent.com/find/emailupdates

По этому адресу пользователь может получить новейшую информацию по выбираемым им изделиям и вопросам их применения.



Agilent Direct

www.agilent.com/find/agilentdirect

Быстрый выбор и использование проверенных технических решений по контрольно-измерительной технике.



Agilent Open

www.agilent.com/find/open

Концепция Agilent Open упрощает процесс установления соединений и программирования испытательных систем, оказывая инженерам дополнительную помощь на этапах разработки, испытаний и производства электронных изделий. Компания Agilent предлагает возможность прозрачного подключения большого числа системно-совместимых измерительных приборов, открытую стандартную среду разработки программного обеспечения, стандартные интерфейсы ввода-вывода, используемые в ПК, и техническую поддержку по всему миру. В совокупности все это еще больше облегчает разработку испытательных систем.



Agilent Technologies