KeysightTechnologies

Векторные анализаторы цепей серий PNA-X N524xA/B, PNA N522xA/B и PNA-L N523xA/B

Руководство по эксплуатации

KEYSIGHT TECHNOLOGIES

Примечания

Информация об авторских правах

© Keysight Technologies, 2019.

Ни одна из частей данного руководства не может быть воспроизведена в какой-либо форме и какими-либо средствами (включая хранение и поиск информации в электронном виде или перевод на иностранные языки) без предварительного согласования с компанией Keysight Technologies и получения ее письменного разрешения в соответствии с законодательством США и международным законодательством по охране авторских прав.

Номер публикации

N5221-90001RURU

Издание

Издание 1-е, 1 марта 2019 г.

Напечатано:

Напечатано в Малайзии

Опубликовано:

Keysight Technologies
Bayan Lepas Free Industrial Zone,
11900 Penang, Malaysia (Малайзия)

Лицензии на технологии

Аппаратные средства и (или) программное обеспечение, описанные в настоящем документе, предоставляются в рамках лицензионного соглашения и могут быть использованы или скопированы исключительно в соответствии с условиями такого лицензионного соглашения.

Заявление о соответствии

Декларации соответствия для данного изделия и других изделий, производимых компанией Keysight, могут быть загружены со страницы в сети интернет: www.keysight.com/go/conformity. Воспользуйтесь поиском по названию изделия, чтобы найти последнюю версию Декларации соответствия.

Права, предоставляемые государственным органам США

Согласно определению, содержащемуся в Федеральных правилах закупок (FAR) 2.101, данное программное обеспечение относится к коммерческому компьютерному программному обеспечению. Согласно FAR 12.212 и 27.405-3, а также дополнению к FAR для Министерства обороны (DFARS) 227.7202, коммерческое компьютерное программное обеспечение приобретается государственными органами США на тех же условиях, на которых данное программное обеспечение обычно предоставляется обычным клиентам. Соответственно, компания Keysight предоставляет программное обеспечение заказчикам из государственных органов США в рамках своей стандартной коммерческой лицензии, которая включена в ее лицензионное соглашение с конечным пользователем (EULA), с копией которого можно ознакомиться по адресу: www.keysight.com/find/sweula. Лицензия, содержащаяся в EULA, предоставляет исключительные полномочия, в соответствии с которыми государственные органы США могут использовать, вносить изменения, распространять или раскрывать программное обеспечение. Помимо прочего, EULA и содержащаяся в нем лицензия не требуют и не дают разрешения на то, чтобы компания Keysight: (1) предоставляла техническую информацию, имеющую отношение к коммерческому компьютерному программному обеспечению или документации на коммерческое компьютерное программное обеспечение, которая обычно не предоставляется обычным клиентам; (2) отказывалась от прав в пользу государственных органов или иным образом предоставляла права государственным органам сверх тех прав, которые обычно представляются обычным клиентам, на использование, внесение изменений, воспроизведение, выпуск, исполнение, отображение или раскрытие коммерческого компьютерного программного обеспечения или документации на коммерческое компьютерное программное обеспечение. Не должны применяться какие-либо дополнительные требования государственных органов, помимо тех, что изложены в EULA, за исключением тех случаев, когда такие условия, права или лицензии прямо требуются от всех поставщиков коммерческого компьютерного программного обеспечения в соответствии с FAR и DFARS и когда они прямо указаны в письменной форме в EULA. Компания Keysight не несет никаких обязательств по обновлению, исправлению или внесению иных изменений в программное обеспечение. В отношении любых технических данных согласно определению, содержащемуся в FAR 2.101, в соответствии с FAR 12.211 12.211 и 27.404.2, а также DFARS 227.7102 правительственные учреждения США получают только ограниченные права согласно FAR 27.401 или DFAR 227.7103-5 (c) в зависимости от того, что применимо к техническим данным.

Гарантия

МАТЕРИАЛЫ, СОДЕРЖАЩИЕСЯ В НАСТОЯЩЕМ ДОКУМЕНТЕ, ПРЕДОСТАВЛЯЮТСЯ НА УСЛОВИЯХ «КАК ЕСТЬ» И МОГУТ БЫТЬ ИЗМЕНЕНЫ БЕЗ УВЕДОМЛЕНИЯ В ПОСЛЕДУЮЩИХ РЕДАКЦИЯХ. КРОМЕ ТОГО, В МАКСИМАЛЬНОЙ СТЕПЕНИ, РАЗРЕШЕННОЙ ПРИМЕНИМЫМ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВОМ, КОМПАНИЯ KEYSIGHT ОТКАЗЫВАЕТСЯ ОТ ВСЕХ ГАРАНТИЙ, КАК ПРЯМЫХ, ТАК И ПОДРАЗУМЕВАЕМЫХ, В ОТНОШЕНИИ ДАННОГО РУКОВОДСТВА И ВСЕЙ СОДЕРЖАЩЕЙСЯ В НЕМ ИНФОРМАЦИИ, ВКЛЮЧАЯ, ПОМИМО ПРОЧЕГО, ПОДРАЗУМЕВАЕМЫЕ ГАРАНТИИ ТОВАРНОЙ ПРИГОДНОСТИ И ПРИГОДНОСТИ ДЛЯ КОНКРЕТНЫХ ЦЕЛЕЙ. КОМПАНИЯ KEYSIGHT ОТКАЗЫВАЕТСЯ ОТ ОТВЕТСТВЕННОСТИ ЗА ОШИБКИ ИЛИ ПОБОЧНЫЕ ИЛИ КОСВЕННЫЕ УБЫТКИ В СВЯЗИ С ПРЕДОСТАВЛЕНИЕМ, ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИЛИ ИСПОЛНЕНИЕМ УКАЗАНИЙ НАСТОЯЩЕГО ДОКУМЕНТА ИЛИ ЛЮБОЙ СОДЕРЖАЩЕЙСЯ В НЕМ ИНФОРМАЦИИ. В СЛУЧАЕ ЕСЛИ МЕЖДУ КОМПАНИЕЙ KEYSIGHT И ПОЛЬЗОВАТЕЛЕМ БЫЛО ЗАКЛЮЧЕНО ОТДЕЛЬНОЕ ДОКУМЕНТАЛЬНОЕ СОГЛАШЕНИЕ С УСЛОВИЯМИ ГАРАНТИИ, КАСАЮЩИМИСЯ МАТЕРИАЛОВ В НАСТОЯЩЕМ ДОКУМЕНТЕ, КОТОРЫЕ ПРОТИВОРЕЧАТ ДАННЫМ УСЛОВИЯМ, ПРИОРИТЕТ ИМЕЮТ УСЛОВИЯ ГАРАНТИИ, СОДЕРЖАЩИЕСЯ В ОТДЕЛЬНОМ СОГЛАШЕНИИ.

Информация по безопасности

ВНИМАНИЕ

Пометка «ВНИМАНИЕ» указывает на опасность. Она означает, что при неправильном выполнении или несоблюдении рабочих процедур, методик и т. п. возможно повреждение изделия или утрата важных данных. Действия, описанные после пометки «ВНИМАНИЕ», следует выполнять только после того, как указанные условия будут полностью поняты и соблюдены.

ОСТОРОЖНО

Пометка «ОСТОРОЖНО» указывает на опасность. Она означает, что при неправильном выполнении или несоблюдении рабочих процедур, методик и т. п. возможно причинение травм, в том числе со смертельным исходом. Действия, описанные после пометки «ОСТОРОЖНО!», следует выполнять только после того, как указанные условия будут полностью поняты и соблюдены.

Содержание

Меры предосторожности при работе 8
Установка анализатора 13
Получение справки об анализаторе 22
Техника безопасности, нормативно-правовая информация и условия окружающей среды 23
Конфигурации анализаторов цепей семейства PNA 31
Учетные записи и пароли пользователей VNA 35
Быстрый запуск 37
Обзор передней панели 38
Обзор задней панели 52
Включение и выключение питания анализаторов VNA 57
Графики, каналы, окна и листы 59
Диалоговое окно QuickStart (Быстрый запуск) 70
Основная последовательность измерений 76
Предпочтения 77
1. Настройка измерений 78
Применение предварительной настройки к VNA 79
Классы измерений 81
Измеряемые параметры 83
Диапазон частот 91
Уровень мощности 94
Выравнивание приемника 104
Настройки развертки 110
Настройка триггера 121
Внешние триггеры 125
Формат данных 131
Масштаб 137
Конфигуратор тракта 142
Индивидуальная настройка экрана анализатора 146
Копирование каналов 164
Отменить/повторить 167
2. Оптимизация измерений 170
Количество точек данных 171
Точность измерения фазы 172
Методы подавления шума 175

Влияние, оказываемое измерительными принадлежностями 182
Самая быстрая развертка 183
Использование макросов 185
3. Калибровка измерений 189
Мастер калибровки 190
Управляемая калибровка мощности 204
Калибровка всех каналов 209
Коррекция погрешностей и интерполяция 230
Электронная калибровка (ECal) 235
Калибровка TRL 259
Погрешность измерений 263
4. Анализ данных 264
Математические операции и операции с памятью 297
Редактор формул 302
Использование предельных значений для испытаний устройств 315
Использование проверок по предельному уровню неравномерности 324
Использование проверок по предельной полосе пропускания 330
5. Вывод данных 333
Сохранение и вызов данных 334
Приложения 342
Приложение преобразователя частоты 343
Смещение частоты 444
Приложение Gain Compression 453
Приложение Gain Compression for Converters 477
Калибровка приложения Gain Compression 484
Приложение Integrated Pulse 488
Приложение Noise Figure 496
Приложение Pulsed 535
Анализатор спектра 549
Swept IMD и IM Spectrum 574
Расширение Low Frequency Extension (LFE) 610
Общие сведения 611
Запуск LFE и выход из расширения 615
Калибровка LFE 616

Меры предосторожности при работе

ОСТОРОЖНО Большинства неисправностей приборов можно избежать, если учитывать информацию, приведенную в данном разделе. ОЗНАКОМЬТЕСЬ С ДАННЫМИ УКАЗАНИЯМИ

Предотвращение повреждений от электростатических разрядов

Защита от электростатических разрядов (ЭСР) важна при отключении компонентов от анализатора цепей, а также при подключении соединительных кабелей и компонентов (тестируемых устройств) к анализатору цепей. Статическое электричество может накапливаться на теле человека и может легко повреждать чувствительные внутренние элементы цепей при разряде. Даже неощутимые электростатические разряды могут вызывать повреждения, не подлежащие восстановлению. Во избежание повреждений прибора:

— обязательно используйте заземленный электропроводящий коврик, уложенный перед испытательным оборудованием;

— обязательно надевайте на руку заземляющий браслет с последовательно установленным сопротивлением 1 МОм, соединенный с заземленным электропроводящим настольным ковриком, при работе с компонентами и устройствами и при выполнении подключений;

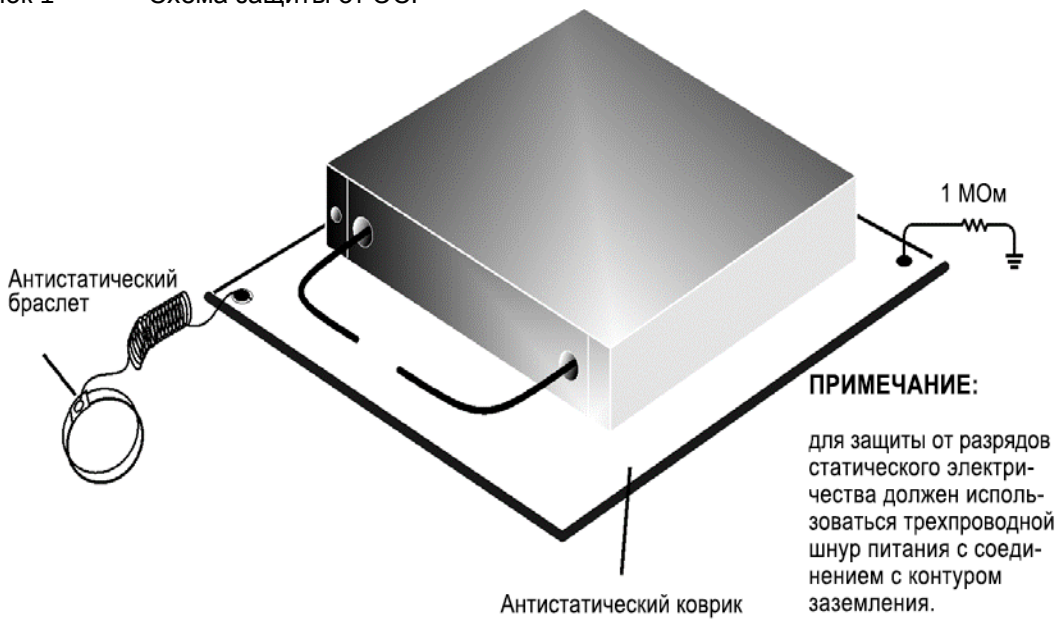
— всегда используйте пяточный ремень при работе в местах с токопроводящими полами. Если вы не уверены в характеристиках электропроводности своих полов, следует использовать пяточный ремень;

— обязательно заземляйте себя перед тем, как приступить к чистке или проверке, или перед тем, как подключиться к устройству или измерительному порту, чувствительному к ЭСР. Для этого, например, можно на короткое время прикоснуться к заземленному наружному корпусу измерительного порта или кабельного соединителя;

— обязательно заземляйте центральный проводник кабеля для тестирования и тестируемого устройства, перед тем как подключиться к измерительному порту анализатора или другому устройству, чувствительному к ЭСР. Это может быть сделано следующим образом:

1. Установите закорачивающую перемычку (из вашего калибровочного набора) на один конец кабеля и тестируемого устройства, чтобы накоротко соединить центральный проводник с наружным проводником.
2. Надев на запястье заземленный браслет, возьмитесь за внешний корпус соединителя кабеля и тестируемого устройства.
3. Подключите другой конец.

Рисунок 1 Схема защиты от ЭСР



esd_setup

В следующей таблице указаны каталожные номера приспособлений Keysight для защиты от ЭСР. Порядок заказа см. в разделе «Контактная информация компании Keysight» на стр. 1.

Наименование	Каталожный номер Keysight
Заземляющий браслет	9300-1367
Заземляющий шнур длиной 5 футов для браслета	9300-0980
Электропроводящий настольный коврик 2 x 4 фута с заземляющим шнуром длиной 15 футов	9300-0797

Предотвращение повреждений от чрезмерной электрической нагрузки

При подаче ВЧ-сигналов слишком высокой мощности или чрезмерного напряжения на порты или соединители на передней панели возможно повреждение анализатора. У каждого порта и соединителя на передней панели имеется маркировка с указанием повреждающих уровней (см. фото ниже). Ни в коем случае не допускайте превышения этих уровней. Повреждающие уровни также указаны в разделе «Технические характеристики» в системе справки для анализатора.

Существует два способа защиты входных портов PNA от ВЧ-сигналов высокой мощности:

1. **Использование ограничителей мощности на портах. Информацию об ограничителях см. по адресу:** www.keysight.com/find/mta
2. **Применять рекомендации, изложенные в Указаниях по использованию PNA 1408-10 «Рекомендации по тестированию усилителей большой мощности» по адресу:**literature.cdn.keysight.com/litweb/pdf/5989-1349EN.pdf

Рисунок 2 Пример маркировки с указанием повреждающих уровней для каждого порта и соединителя

Предотвращение повреждений соединителей измерительных портов

Правильный уход за соединителями и применение правильных методик сборки соединений крайне важны для получения точных и повторяемых результатов измерений. В следующей таблице приведены советы по уходу за соединителями.

Обращение и хранение	
Следует	**Не следует**
— Содержать соединители в чистоте.	— Прикасаться к поверхностям в стыковочной плоскости.
— Выдвигать втулку или гайку соединителя.	— Ставить соединители контактным концом вниз.
— Устанавливать пластиковые колпачки на время хранения.	— Хранить соединители или переходы отдельно от комплекта.

Визуальный осмотр

Следует

— Внимательно осматривать все соединители.

— Проверять на отсутствие металлических частиц, царапин и вмятин.

Не следует

— Ни в коем случае не следует использовать поврежденные соединители.

Чистка соединителей

Следует

— Сначала попытаться продуть сжатым воздухом.

— Использовать изопропиловый спирт (см. предупреждение ниже).

— Выполнить чистку резьбы на соединителях.

Не следует

— Использовать какие бы то ни было абразивные средства.

— Допускать попадания жидкостей в пластиковые опорные выступы.

Выверка соединителей по калибрам

Следует

— Выполнить чистку и обнуление калибров перед использованием.

— Использовать соответствующие типы калибров.

— Использовать соответствующую сторону калибровочного блока.

— Выполнять выверку по калибрам всех соединителей перед первым использованием.

Не следует

— Использовать соединители, характеристики которых выходят за нормируемые показатели.

Выполнение соединений

Следует

— Осторожно выполнять стыковку соединителей.

— Предварительную сборку соединения выполнять с небольшим усилием.

— Вращать только соединительную гайку.

— Использовать динамометрический ключ для окончательной сборки соединения.

Не следует

— Прилагать к соединителям изгибающие усилия.

— Чрезмерно затягивать предварительно собранные соединения.

— Изгибать и вращать соединения.

— Продолжать затяжку после того, как рукоятка динамометрического ключа начнет складываться.

Для ограничения до минимума износа соединителей измерительных портов анализаторов компания Keysight настоятельно рекомендует использовать переходы в качестве средства сохранения ресурса соединителей. Следует использовать переходы с качеством не хуже, чем класс для приборов.

ОСТОРОЖНО Чистить соединители спиртом допускается только при отключенном шнуре питания и в хорошо проветриваемом помещении.
Прежде чем включать прибор снова, дождитесь, пока остатки спирта испарятся, а пары развеются.

Более подробная информация об использовании и техническом обслуживании соединителей см. по адресу

na.support.keysight.com/pna/connectorcare/Connector_Care.htm

Предотвращение проблем с жестким диском PNA

Ранее основной причиной отказов PNA были проблемы с жестким диском PNA (HDD). Большинство этих проблем удалось устранить после того, как компания Keysight в конце 2010 г. вместо HDD стала использовать твердотельные накопители (SSD).

Во избежание проблем с SSD PNA следуйте нижеприведенным рекомендациям.

Соблюдайте правильный порядок выключения.

См. предыдущие страницы.

ЗАПРЕЩАЕТСЯ модифицировать и изменять конфигурацию операционной системы.

В целях улучшения характеристик анализаторов PNA операционная система Microsoft Windows была модифицирована и оптимизирована компанией Keysight.

— ЗАПРЕЩАЕТСЯ устанавливать стандартную версию операционной системы Windows на анализаторы PNA.

— ЗАПРЕЩАЕТСЯ изменять расширенные настройки характеристик или групповые политики.

— ЗАПРЕЩАЕТСЯ добавлять или удалять разделы на SSD в PNA.

— ЗАПРЕЩАЕТСЯ удалять пользовательскую учетную запись Keysight в незащищенной среде.

— ЗАПРЕЩАЕТСЯ изменять любые записи программного обеспечения Keysight в реестре.

Установите антивирусную защиту

ПРИМЕЧАНИЕ Антивирусная защита НЕ входит в комплект поставки анализатора PNA. Если PNA подключается к сети Интернет, настоятельно рекомендуется использовать антивирусную программу.

Кроме того, использование брандмауэра также поможет защитить PNA от вирусов. Однако некоторые брандмауэры могут ограничивать возможности подключения PNA к DCOM.

Устанавливайте важные обновления Windows

PNA всегда поставляется с последними пакетами исправлений и последними обновлениями, имевшимися на момент выпуска данного анализатора PNA. Рекомендуется поддерживать наиболее актуальную защиту PNA, автоматически принимая и устанавливая важнейшие исправления для системы безопасности с веб-сайта Microsoft Windows Update: windowsupdate.microsoft.com.

Используйте AgileUpdate

Если ваш анализатор PNA подключается к сети Интернет, используйте AgileUpdate для получения новейших версий встроенного ПО.

ПРИМЕЧАНИЕ На PNA нажмите кнопку System, затем сенсорную клавишу [Service], затем [AgileUpdate], чтобы автоматически обновить встроенное ПО до текущей версии.

Если ваш PNA НЕ подключается к Интернет, обновлять встроенное ПО необходимо с флэш-накопителя. Встроенное ПО может быть загружено со страницы na.support.keysight.com/pna.

Установка анализатора

Общее описание порядка установки

ПРИМЕЧАНИЕ Данная процедура требует наличия калибровочной меры холостого хода или короткого замыкания, соответствующей измерительным портам на передней панели. Калибровочные меры холостого хода или короткого замыкания НЕ входят в комплект поставки PNA.

Шаг 1. Проверьте комплект поставки.
Шаг 2. Проверьте соответствие требованиям.
Шаг 3. Установите анализатор.
Шаг 4. Подключите измерительные принадлежности.
Шаг 5. Установите ферритовые сердечники.
Шаг 6. Включите анализатор.
Шаг 7. Выполните задачи по администрированию.
Шаг 8. Запустите проверку оператора.
Шаг 9. Выключите анализатор.

Шаг 1. Проверьте комплект поставки.

1. Распакуйте содержимое транспортной тары. Сохраните упаковку на случай, если потребуется возвратить анализатор на завод-изготовитель.

ОСТОРОЖНО Анализатор цепей имеет довольно большой вес. Перемещать и поднимать прибор рекомендуется вдвоем или с помощью механического подъемника.

В комплект поставки PNA входят защитные колпачки для измерительных портов, безопасные с точки зрения ЭСР, и металлические крышки перемычек

на передней панели. Сохраните их, чтобы защитить PNA в случае транспортировки.

2. Внимательно осмотрите анализатор, чтобы убедиться, что он не был поврежден в процессе доставки. При обнаружении повреждений следуйте указаниям в разделе «Контактная информация компании Keysight» на стр. 15.

3. По упаковочному листу, находящемуся в транспортной таре, проверьте комплектность поставки. В случае неполной комплектности поставки следуйте указаниям в разделе «Контактная информация компании Keysight» на стр. 15.

Шаг 2. Проверьте соответствие требованиям.

Прежде чем устанавливать PNA на рабочий стол или в аппаратную стойку, убедитесь, что на месте установки соблюдены требования к параметрам электропитания и условиям окружающей среды.

ВНИМАНИЕ Этот прибор оснащен входом линейного напряжения с автоматическим выбором диапазона. Убедитесь, что напряжение питания находится в пределах указанного диапазона.

1. Убедитесь, что имеющийся источник переменного тока соответствует следующим требованиям:

Напряжение в сети	Частота
88–135 В	50–60 Гц
193–269 В	50–60 Гц
100–135 В	360–440 Гц

ВНИМАНИЕ

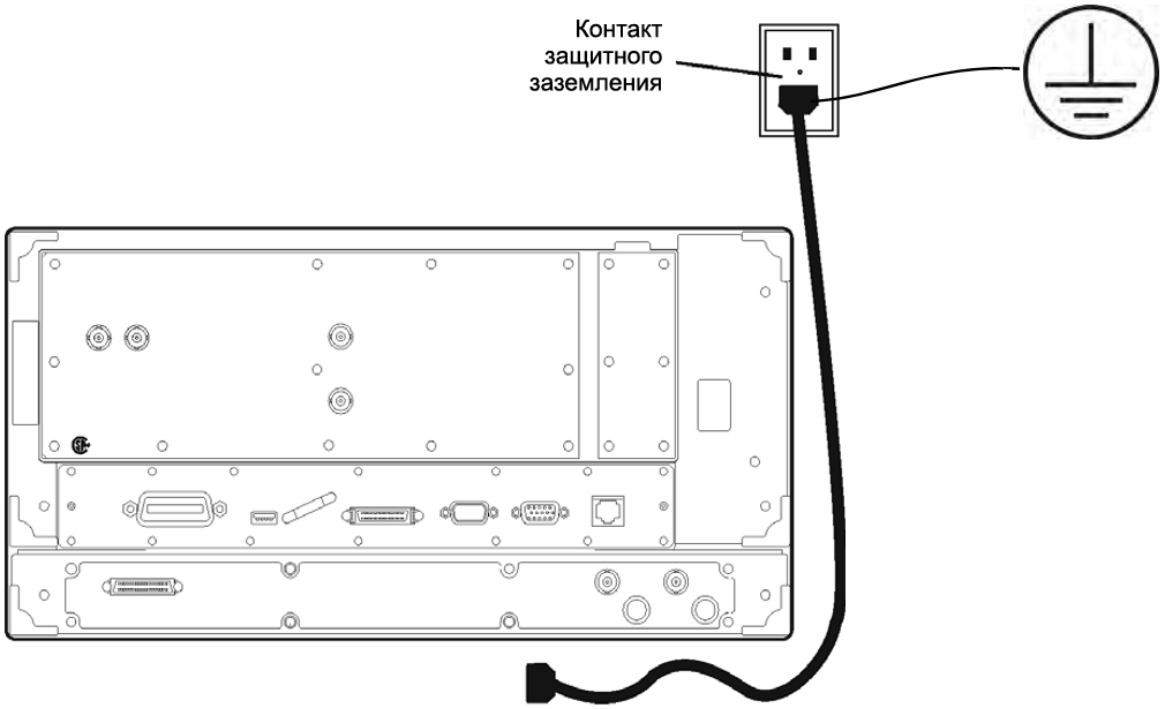
1) Этот прибор оснащен входом линейного напряжения с автоматическим выбором диапазона. Прежде чем включать прибор, убедитесь, что напряжение питания находится в пределах указанного диапазона, а колебания напряжения не превышают 10 % от номинального значения.

2) Эксплуатация в условиях, когда образуется конденсат, не допускается. См. раздел «Условия окружающей среды» на стр. 26.

2. Убедитесь, что шнур питания переменным током не поврежден, а в розетке имеется контакт защитного заземления.

ВНИМАНИЕ Обязательно используйте шнур питания с трехштырьковым штекером, поставляемый с данным прибором. Использование другого шнура может привести к отсутствию надлежащего заземления, травмам или повреждению прибора.

Рисунок 3 Защитное заземление (не плавающий контакт)



3. Убедитесь, что условия окружающей среды при эксплуатации соответствуют требованиям, приведенным в разделе «Техника безопасности, нормативная информация и условия окружающей среды» на стр. 20.

ПРИМЕЧАНИЕ Некоторые параметры работы анализатора указываются для температуры 25 °C. Полный перечень характеристик приведен в системе справки для анализатора.

Шаг 3. Установите анализатор.

ОСТОРОЖНО Обязательно ознакомьтесь со всей информацией по технике безопасности в разделе «Техника безопасности, нормативная информация и условия окружающей среды» на стр. 20, прежде чем приступать к установке и эксплуатации анализатора

Анализатор может быть установлен на рабочем столе или в аппаратной стойке. Для установки в аппаратную стойку анализатора, оснащенного ручками, используйте опцию 1CP. Для установки в аппаратную стойку анализатора, не оснащенного ручками, используйте опцию 1CM.

Независимо от варианта установки необходимо учитывать следующие требования к вентиляции при выборе месте установки анализатора.

ВНИМАНИЕ Требования к вентиляции: при установке устройства в шкаф не следует ограничивать конвекционный ток воздуха внутрь прибора и из него. Температура окружающей среды (снаружи шкафа) должна быть меньше максимальной температуры при эксплуатации изделия на 4 °C на каждые 100 Вт, рассеиваемые в шкафу. Если общая мощность, рассеиваемая в шкафу, превышает 800 Вт, должна применяться принудительная конвекция.

См. ниже соответствующий раздел, относящийся к вашему варианту установки.

Установка на рабочем столе

Возможно, что при установке анализатора на рабочем столе вам потребуется прикрепить к анализатору ручки, входящие в комплект поставки. Если вы хотите установить ручки, действуйте, как описано в инструкции к комплекту ручек.

Установка в аппаратную стойку

(Опция 1CP — установка в аппаратную стойку приборов с ручками)

(Опция 1CM — установка в аппаратную стойку приборов без ручек)

При установке анализатора в аппаратную стойку необходимо установить в стойку рейки, рассчитанные на вес анализатора. Закрепите на анализаторе фланцы для монтажа в стойку согласно опции 1CP или 1CM. Закрепите анализатор в аппаратной стойке. Замените пластиковые ножки анализатора специальными заглушками, входящими в комплект поставки.

При установке следуйте указаниям, приведенным в инструкциях к комплекту для монтажа в аппаратную стойку и комплекту реек.

Шаг 4. Подключите измерительные принадлежности.

USB-устройства могут быть подключены к любому из имеющихся USB-портов. Все порты соответствуют спецификации USB 2.0. PNA распознает USB-устройства при их подключении и запускает соответствующий программный драйвер для правильной работы устройств. Необходимо учитывать, что USB-порты PNA имеют ограничение по силе тока. Подробнее см. в разделе справки PNA «Характеристики USB-портов» (пункт в указателе).

Ниже приведен список USB-устройств, обычно используемых вместе с PNA. Подробнее см. в системе справки, встроенной в PNA.

— Мышь — стандартная
— Клавиатура — стандартная
— Принтер (приобретается отдельно)
— USB-флэш-накопитель (приобретается отдельно)

— Модуль ECal (приобретается отдельно)

ПРИМЕЧАНИЕ При размещении мыши и клавиатуры учитывайте требования эргономики.

ПРИМЕЧАНИЕ НЕ ДОПУСКАЕТСЯ подключать модуль ECal к USB-порту до включения PNA. После включения PNA нажмите кнопку Help на передней панели и ознакомьтесь с разделом «Первое подключение модуля ECal».

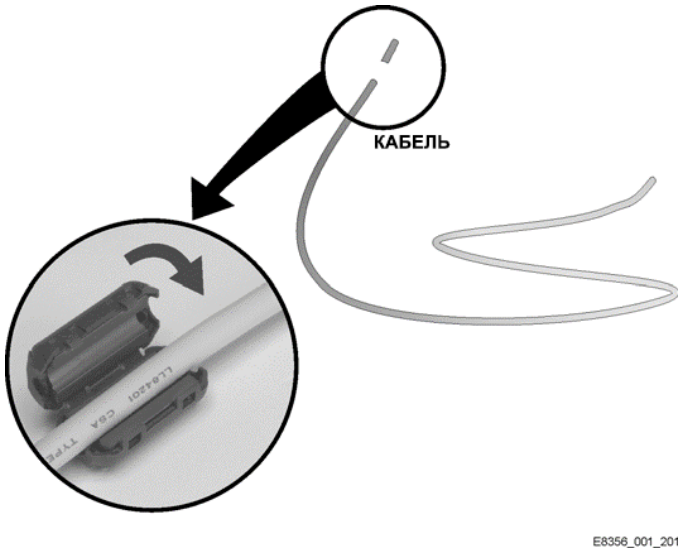
Шаг 5. Установите ферритовые сердечники.

Международный нормативный документ CISPR 11 устанавливает максимально допустимые уровни частотных излучений от электронных устройств. Данный документ направлен на минимизацию взаимных помех, которые могут создаваться электронными устройствами.

Частотные излучения могут возникать при подключении кабелей к электронным устройствам. Для их минимизации рекомендуется использовать кабели высокого качества со встроенными литыми ферритовыми сердечниками, при этом сердечник должен располагаться ближе к PNA. Если приобрести кабели со встроенными сердечниками не удастся, используйте один из сердечников с зажимами для крепления, входящий в комплект поставки PNA. Особенно важно использовать эти сердечники на кабелях USB и LAN.

Сердечники должны быть плотно прижаты к кабелям, но это не должно приводить к повреждению кабелей. Крепить сердечник к кабелю необходимо как можно ближе к соединителю со стороны, подключаемой к PNA. Для фиксации сердечника на месте в комплекте поставки предусмотрены кабельные стяжки.

Рисунок 4 Кабель

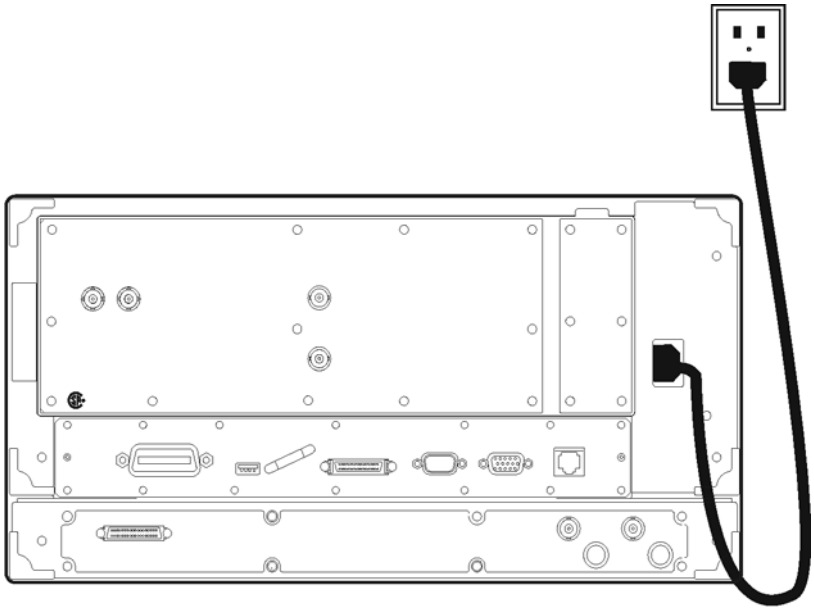


Шаг 6. Включите анализатор

ВНИМАНИЕ Установите прибор таким образом, чтобы оператор мог легко найти и отключить отсоединяемый шнур питания. Отсоединяемый шнур питания является средством отключения устройства. Он позволяет снять питание со всех компонентов и цепей прибора. Переключатель на передней панели используется для перехода в режим ожидания и не является СЕТЕВЫМ выключателем. Кроме того, в качестве отключающего устройства может быть использован внешний переключатель или автоматический выключатель (хорошо видимый и легкодоступный для оператора).

1. Подключите шнур питания переменного тока.

Рисунок 5.

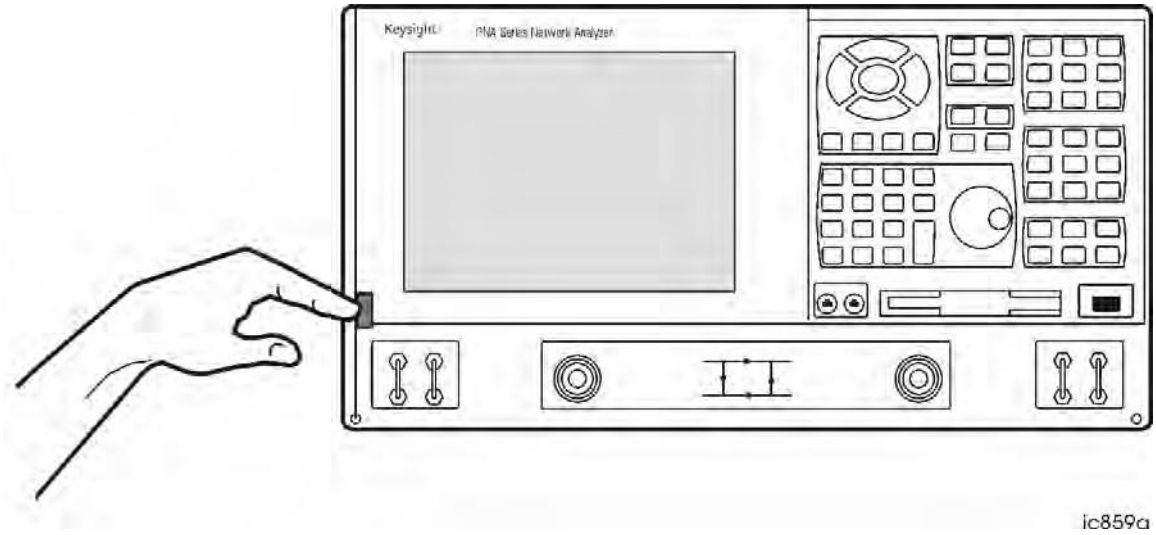


jc810a

2. Включите анализатор, нажав переключатель On/Standby на передней панели.

ВНИМАНИЕ Во время загрузки Windows или прикладных программ PNA НЕ нажимайте кнопки на передней панели, не вращайте рукоятку RPG и не подключайте USB-устройства. В противном случае передняя панель может быть заблокирована.

Рисунок 6



ПРИМЕЧАНИЕ На данном изделии установлена операционная система Windows. Работа приложения Network Analyzer аттестована и поддерживается только с использованием той версии Windows, которая была установлена перед отгрузкой.

В Windows 7 встроена новая технология отображения под названием ClearType. Она существенно облегчает чтение текста на дисплее PNA. Единственный недостаток проявляется при взгляде на дисплей снизу. Цвета некоторых мелких элементов на дисплее могут искажаться, если пользователь будет смотреть под углом больше 30 градусов ниже перпендикуляра. При необходимости функцию ClearType можно отключить. На рабочем столе PNA щелкните **Start («Пуск»)**, затем **Control Panel («Панель управления»)**, затем **Appearance and Personalization («Вид и персонализация»)**, затем **Display («Экран»)**, затем **Adjust ClearType Text («Настройка текста ClearType»)**.

Шаг 7. Выполните задачи по администрированию.

Непосредственно после первого включения анализатора рекомендуется выполнить следующие задачи по администрированию.

- Установите пароль администратора, если он требуется на вашем рабочем месте. В PNA уже имеется пароль по умолчанию.
- Установите дату, время и часовой пояс (при необходимости).

ПРИМЕЧАНИЕ НЕ создавайте дополнительных учетных записей пользователей, пока не прочтете тему в файле справки PNA «Учетные записи и пароли пользователей PNA», где описано, зачем и как это делается.

Порядок выполнения вышеперечисленных задач описан в системе справки для анализатора. Чтобы просмотреть эти процедуры:

- Нажмите кнопку Help на передней панели анализатора. Либо щелкните мышью Help («Справка»), Network Analyzer Help («Справка по анализатору цепей») на дисплее PNA.

- В справке PNA щелкните Quick Start («Краткое руководство»).
- Выберите Perform Administrative Tasks («Выполнить задачи по администрированию»).
- Выберите задачу, которую вы хотите выполнить.

Шаг 8. Запустите проверку оператора.

Проверку оператора следует выполнять при первом включении анализатора, а также в любое время, когда необходимо убедиться, что анализатор работает правильно. Проверка оператора не обеспечивает подтверждение соответствия фактических показателей заявленным, но дает высокую степень уверенности в том, что прибор работает правильно. Данная процедура требует лишь наличия калибровочной меры холостого хода или короткого замыкания, соответствующей измерительным портам на передней панели. Калибровочные меры холостого хода или короткого замыкания НЕ входят в комплект поставки PNA.

ПРИМЕЧАНИЕ Если в процессе проверки появляется сообщение Log Error («Ошибка журнала») с уведомлением о том, что файл filename.csv уже открыт и используется, убедитесь, что открыто только одно окно проверки. Чтобы подтвердить это, наведите курсор на ярлык проверки на панели инструментов в нижней части дисплея. Если открыто два окна проверки, закройте одно из них, находящееся справа, которое было открыто последним. После этого возобновите проверку.

- На моделях «A»: Нажмите **System («Система»),** затем сенсорную клавишу **[Service] («Сервис»)**, затем сенсорную клавишу **[Verification] («Проверка»)**, затем **[Operator's Check] («Проверка оператора»)**. Следуйте инструкциям на экране.
- На моделях «B»: Нажмите **System («Система»),** затем сенсорную закладку **[Service] («Сервис»)**, затем **[Verification] («Проверка»)**, затем **[Operator's Check] («Проверка оператора»)**. Следуйте инструкциям на экране.
- Для получения справки нажимайте кнопку Help, отображаемую в окне проверки оператора.

Шаг 9. Выключите анализатор.

Чтобы выключить анализатор PNA, нажмите, но НЕ удерживайте нажатым, переключатель On/Standby на панели управления. После этого будет запущено выключение PNA.

Отключение

После отключения питания цвет индикатора On/Standby изменится с зеленого на желтый. Текущее состояние прибора НЕ сохраняется на твердотельном накопителе PNA.

При включении питания PNA выполняется полная загрузка системы, и PNA включается с предварительно заданными настройками.

ПРИМЕЧАНИЕ Многократное повторение одного из двух нижеперечисленных действий может привести к повреждению твердотельного накопителя PNA.

1. Отсоединять шнур питания без предварительного перевода PNA в режим выключения допускается только в экстренных случаях.
2. Если PNA заблокирован и работа с клавиатурой и мышью невозможна, выключите PNA, нажав кнопку питания и удерживая ее не менее четырех секунд.

Получение справки об анализаторе

Система справки

Чтобы быстро получить справку по программированию или пользовательской документации, воспользуйтесь онлайн-справкой. Онлайн-справка имеется только на английском языке.

Рекомендуем начинать работу с входа в справочную систему и ознакомления с разделом Quick Start («Краткое руководство»). Для доступа к этой информации:

- Нажмите кнопку Help на передней панели анализатора. Либо щелкните мышью Help («Справка»), Network Analyzer Help («Справка по анализатору цепей») на дисплее PNA.
- В справке PNA щелкните Quick Start («Краткое руководство»).

PNA в сети Интернет

Веб-сайт поддержки анализаторов цепей семейства PNA — это еще один источник справочной информации по данным анализаторам. Всю документацию по PNA и иные ресурсы можно найти по адресу: na.support.keysight.com/pna.

Кроме того, на форуме по анализаторам цепей Keysight можно задать вопросы специалистам по средствам измерений: www.keysight.com/owc_discussions.

Контактная информация компании Keysight

Помощь, в том числе по испытаниям и измерениям, и информацию о ближайшем представительстве компании Keysight можно получить в Интернете по адресу: www.keysight.com/find/assist. Если у вас нет доступа в Интернет, обратитесь к своему выездному инженеру Keysight.

ПРИМЕЧАНИЕ В переписке или телефонном разговоре необходимо сообщить номер модели и полный серийный номер изделия компании Keysight. С помощью этой информации сотрудник компании Keysight сможет определить, не закончился ли гарантийный срок изделия.

Техника безопасности, нормативно-правовая информация и условия окружающей среды

Техническое обслуживание

Для удаления загрязнений с наружных поверхностей корпуса анализатора цепей допускается использовать только сухую или слегка увлажненную ткань.

ОСТОРОЖНО Прежде чем приступать к чистке анализатора, отключите его от электрической сети во избежание поражения электрическим током. Для чистки наружных поверхностей корпуса анализатора цепей допускается использовать только сухую или слегка увлажненную ткань. Пользователю запрещается чистить внутренние элементы прибора.

Отправка на сервисное обслуживание

Обратитесь в компанию Keysight Technologies, чтобы получить информацию о том, куда следует отправлять анализатор для прохождения сервисного обслуживания.

Анализатор следует отправлять в оригинальной упаковке. Отправка в упаковке, отличной от оригинальной, может стать причиной повреждений, на которые не распространяется гарантия.

Знаки безопасности

В данном руководстве используются следующие знаки безопасности. Ознакомьтесь с ними и с их значением прежде, чем приступать к работе с прибором.

ВНИМАНИЕ Указывает на опасность. Привлекает внимание к процедуре, неправильное выполнение или несоблюдение которой может привести к повреждению или полному выходу из строя изделия. Действия, описанные после пометки «ВНИМАНИЕ», следует выполнять только после того, как указанные условия будут полностью поняты и соблюдены.

ОСТОРОЖНО Указывает на опасность. Привлекает внимание к процедуре, неправильное выполнение или несоблюдение которой может привести к травмам, в том числе со смертельным исходом. Действия, описанные после пометки «ОСТОРОЖНО!», следует выполнять только после того, как указанные условия будут полностью поняты и соблюдены.

Общие сведения по технике безопасности

Защитное заземление

ВНИМАНИЕ Розетка сети питания должна соответствовать штекеру и шнуру питания прибора. Некачественное заземление, в том числе выполненное с помощью неподходящих компонентов, может стать причиной повреждения изделия или тяжелой травмы.

Перед включением питания

ОСТОРОЖНО При использовании изделия с нарушением предписанных правил эксплуатации степень его защищенности может снизиться. Данное изделие должно эксплуатироваться только в нормальных условиях (когда все средства защиты исправны).

ОСТОРОЖНО Поврежденные рукоятки прибора необходимо незамедлительно заменять. Поврежденная рукоятка может сломаться при переносе или подъеме прибора, что может стать причиной травмы персонала или повреждения прибора.

ВНИМАНИЕ Этот прибор оснащен входом линейного напряжения с автоматическим выбором диапазона. Убедитесь, что напряжение питания находится в пределах указанного диапазона.

ВНИМАНИЕ Данное изделие предназначено для эксплуатации с электроустановками категории II и при степени загрязнения 2 согласно стандартам МЭК.

ВНИМАНИЕ **Требования к вентиляции**: при установке устройства в шкаф не следует ограничивать конвекционный ток воздуха внутрь прибора и из него. Температура окружающей среды (снаружи шкафа) должна быть меньше максимальной температуры при эксплуатации изделия на 4 °C на каждые 100 Вт, рассеиваемые в шкафу. Если общая мощность, рассеиваемая в шкафу, превышает 800 Вт, должна применяться принудительная конвекция.

ВНИМАНИЕ Измерительные клеммы прибора рассчитаны на работу с внешними сигналами согласно измерительной категории I, но НЕ с внешними сигналами согласно категориям II, III и IV. Запрещается подключать вход прибора к электрической сети.

Сервисное обслуживание

ОСТОРОЖНО Данные инструкции по сервисному обслуживанию приводятся только для квалифицированного персонала. Во избежание поражения электрическим током не выполняйте никакие работы по сервисному обслуживанию, если вы не имеете соответствующей квалификации.

ОСТОРОЖНО Опасность взрыва в случае неправильной замены аккумуляторной батареи. Для замены должны использоваться только батареи того же или аналогичного рекомендованного типа. Утилизировать использованные батареи следует в соответствии с действующими местными нормативными документами и (или) инструкциями изготовителя.

ОСТОРОЖНО Процедуры, описанные в данном документе, могут выполняться при включенном питании изделия и снятых защитных крышках. Электроэнергия, имеющаяся во многих точках, может стать причиной травмы в случае касания.

ОСТОРОЖНО Внутри прибора нет компонентов, которые может отремонтировать оператор. Ремонтом должен заниматься квалифицированный персонал. Не снимайте крышки во избежание поражения электрическим током.

ОСТОРОЖНО Открывая крышки или снимая детали, вы можете попасть под опасное напряжение. Отключите прибор от всех источников питания, прежде чем открывать его.

ОСТОРОЖНО Отсоединяемый шнур питания представляет собой устройство для отключения прибора. Он позволяет снять питание со всех компонентов и цепей прибора. Выключатель на передней панели всего лишь переводит прибор в режим ожидания, но не отключает его от сети (не является разъединяющим устройством).

ОСТОРОЖНО Данное изделие относится к классу защищенности I (имеет защитный заземляющий провод в составе шнура питания). Сетевой штекер следует вставлять только в розетку, имеющую контакт защитного заземления. Любой обрыв защитного проводника внутри или снаружи прибора может сделать прибор небезопасным в обращении. Намеренное размыкание контура заземления запрещено.

Нормативно-правовая информация

Данный раздел содержит информацию, требуемую различными государственными контролирующими органами.

Руководство по эксплуатации

Данное изделие разработано и испытано в соответствии с принятыми отраслевыми стандартами и поставляется в безопасном состоянии. В документации содержится информация и предупреждения, которые должен учитывать пользователь для обеспечения безопасной эксплуатации и поддержания изделия в безопасном состоянии.

Установите прибор таким образом, чтобы оператор мог легко найти и отключить отсоединяемый шнур питания.

Отсоединяемый шнур питания представляет собой устройство для отключения прибора. Он позволяет снять питание со всех компонентов и цепей прибора. Выключатель на передней панели всего лишь переводит прибор в режим ожидания, но не отключает его от сети (не является разъединяющим устройством).

Кроме того, в качестве устройства отключения может использоваться внешний выключатель или рубильник (который должен быть виден и доступен оператору).

Таблица 1

	Символ руководства по эксплуатации. Если на изделии имеется данный знак, вам необходимо обратиться к инструкциям в документации.
	Данный знак означает, что прибор требует питания переменным током.
	Данный знак указывает на необходимость раздельного сбора и утилизации электрического и электронного оборудования, обязательного в соответствии с законодательством ЕС от 13 августа 2005 года. Все электрическое и электронное оборудование необходимо отделять от обычных отходов при утилизации (Директива WEEE 2002/96/EC).
	Данный знак указывает на то, что переключатель питания находится в положении ВКЛЮЧЕНО (ON).
	Данный знак указывает на то, что переключатель питания находится в положении ОЖИДАНИЯ (STANDBY).

Таблица 1

	Данный знак указывает на то, что выключатель сетевого питания находится в положении ВЫКЛЮЧЕНО (OFF).
	Данный знак указывает на клеммы, имеющие внутреннее соединение с рамой или шасси изделия.
	Знак CE — зарегистрированный товарный знак Европейского сообщества. (Если рядом с этим знаком указан год, это означает, что в этом году конструкция изделия была признана соответствующей нормам.)
	Знак CSA — зарегистрированный товарный знак CSA – International. Данный прибор соответствует требованиям канадского стандарта CAN/CSA-C22.2 № 61010-1-12.
ISM1-A	Обозначение изделия класса A группы 1 промышленного, научного или медицинского назначения.
ICES/NMB-001	Данное устройство промышленного, научного или медицинского назначения соответствует требованиям стандарта Канады ICES-001. Cet appareil ISM est conforme a la norme NMB du Canada.
	Постоянный ток.
	Знак RCM — зарегистрированный товарный знак Австралийского управления связи и СМИ.
	Китайские правила RoHS содержат требования по упаковке, а также о соответствии китайскому стандарту GB18455-2001.
	Сертификационный знак Южной Кореи (KC); включает в себя идентификационный код маркировки в следующем формате: MSIP-REM-YYY-ZZZZZZZZZZZZZZ.
	Данный знак означает соответствие китайским правилам RoHS к упаковке из картона/ДВП.

Заявление о соответствии

Заявление о соответствии предоставляется по запросу; его копия опубликована на веб-сайте компании Keysight Technologies по адресу www.keysight.com/go/conformity; кроме того, его можно получить, обратившись в компанию Keysight. См. раздел «Контактная информация компании Keysight» на стр.

Заявление в отношении акустических характеристик

Европейская директива по машинному оборудованию)

Уровень акустического шума

LpA < 70 дБ

Положение оператора

Нормальная работа согласно ИСО 7779

Соответствие требованиям по уровню шума

У некоторых моделей уровень звукового давления на рабочем месте оператора будет превышать 55 дБ(A) при высокой температуре окружающего воздуха.

Информация по ЭМС и безопасности

Для ВСЕХ анализаторов цепей PNA

Информация по электромагнитной совместимости (ЭМС)

Соответствует требованиям Европейской директивы по электромагнитной совместимости, а также текущим редакциям следующих стандартов (даты и номера редакций приведены в Заявлении о соответствии):

- МЭК/EN 61326-1
- CISPR, публ. 11, группа 1, класс
- AS/NZSCISPR 11
- ICES/NMB-001
- Данное устройство промышленного, научного или медицинского назначения соответствует требованиям стандарта Канады ICES-001.
- Cet appareil ISM est conforme à la norme NMB-001 du Canada

Заявление о соответствии требованиям по ЭМС класса A для Южной Кореи

Информация для пользователя:

Для данного оборудования проводилась оценка его применимости в коммерческих зданиях. В жилых зданиях это оборудование может создавать помехи для радиоприема.

- Данное заявление по ЭМС относится только к оборудованию, эксплуатируемому в коммерческих зданиях.

사 용 자 안 내 문
이 기기는 업무용 환경에서 사용할 목적으로 적합성평가를 받은 기기로서 가정용 환경에서 사용하는 경우 전파간섭의 우려가 있습니다.

※ 사용자 안내문은 "업무용 방송통신기자재"에만 적용한다.

Информация по безопасности

Соответствует основным требованиям Европейской директивы по низковольтному оборудованию, а также требованиям текущих редакций следующих стандартов (даты и номера редакций указаны в Заявлении о соответствии):

- МЭК/EN 61010-1
- Канада: CAN/CSA-C22.2 No. 61010-1
- США: Стандарт UL № 61010-1

Условия окружающей среды

ПРИМЕЧАНИЕ

Образы данного изделия прошли испытания в соответствии с Руководством по проведению экологических испытаний компании Keysight и признаны устойчивыми к воздействию окружающей среды при хранении, транспортировке и использовании конечным пользователем; в число этих воздействий входят (перечень не исчерпывающий) температура, влажность, удары, вибрация, изменение высоты над уровнем моря и воздействие линий электропередачи. Методы испытаний соответствуют МЭК 60068-2, уровни аналогичны требованиям класса 3 согласно MIL-PRF-28800F.

Параметр	Требуемые значения и диапазоны
Условия эксплуатации	Для эксплуатации ТОЛЬКО в помещениях Прибор не имеет воздушных фильтров на впускных отверстиях вентиляторов. Не допускается эксплуатация в загрязненных, пыльных и других подобных условиях.
Температура при эксплуатации	От 0 до +40 °C В указанном температурном диапазоне прибор включается без индикации сообщений об ошибках (кроме сообщения source unleveled («Источник не выровнен»), которое может появиться при температуре вне заданного диапазона для нормируемых характеристик 25 ±5 °C).
Температура при хранении	От –40 до +70 °C
Диапазон с коррекцией ошибок	23 ±3 °C при отклонении от температуры калибровки менее чем на 1 °C.

Параметр	Требуемые значения и диапазоны
Высота над уровнем моря при эксплуатации	От 0 до 4600 м (15 000 футов)
Относительная влажность	Подтверждена типовыми испытаниями, от 0 до 95 % при 40 °C, без конденсации При очень высокой влажности (до 95 %) и меняющейся температуре существует незначительный риск образования конденсата внутри устройства, в результате чего часы реального времени ЦП могут временно прекратить отсчитывать время.

Гарантия

Фактические гарантийные обязательства в отношении вашего прибора зависят от даты заказа, а также от того, приобретались ли в тот же момент какие-либо гарантийные опции. Чтобы точно определить гарантию на ваш прибор, обратитесь к компании Keysight Technologies, указав модель и серийный номер прибора.

Конфигурации анализаторов цепей семейства PNA

Серия PNA-X
N5249B 10 МГц — 8,5 ГГц
N5241B 10 МГц — 13,5 ГГц
N5242B 10 МГц — 26,5 ГГц
N5244B 10 МГц — 43,5 ГГц
N5245B 10 МГц — 50 ГГц
N5247B 10 МГц — 67 ГГц

Серия PNA
N5221B 10 МГц — 13,5 ГГц
N5222B 10 МГц — 26,5 ГГц
N5224B 10 МГц — 43,5 ГГц
N5225B 10 МГц — 50 ГГц
N5227B 10 МГц — 67 ГГц

Серия PNA-L
N5239B 300 кГц — 8,5 ГГц
N5231B 300 кГц — 13,5 ГГц
N5232B 300 кГц — 20 ГГц
N5234B 10 МГц — 43,5 ГГц
N5235B 10 МГц — 50 ГГц

Испытательная схема и опции конфигурации электропитания

Выберите одну испытательную схему и опцию конфигурации электропитания. Опция 2xx означает наличие двух измерительных портов. Опция 4xx означает наличие четырех измерительных портов. Чтобы добавить опцию к изделию, закажите соответствующий номер позиции (N52xxB-xxx)

Описание	Настраиваемая испытательная схема	Аттенюаторы источника	Аттенюаторы приемника	Тройники смещения	Внутренний второй источник	Внутренний сумматор	Механические выключатели	Расширение низкой частоты	Дополнительная информация
Серия PNA-X									
Опция 201	Да								
Опция 217	Да	Да	Да						Отсутствует у модели на 67 ГГц
Опция 219	Да	Да	Да	Да					
Опция 222[1]	Да	Да	Да		Да	Да	Да		Отсутствует у модели на 67 ГГц
Опция 224[1]	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да		
Опция 401[1]	Да				Да				
Опция 417[1]	Да	Да	Да		Да				Отсутствует у модели на 67 ГГц
Опция 419[1]	Да	Да	Да	Да	Да				
Опция 422[1]	Да	Да	Да		Да	Да	Да		Отсутствует у модели на 67 ГГц
Опция 423[1]	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да		
Опция 425[1]	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Доступно только у N5242/47B[2]
Серия PNA									
Опция 200									
Опция 201	Да								
Опция 205	Да			Да				Да	Доступно только у N5222/27B
Опция 210									Опция 2-портовых метрологических измерений
Опция 217	Да	Да	Да						Отсутствует у модели на 67 ГГц
Опция 219	Да	Да	Да	Да					
Опция 400[1]					Да				
Опция 401[1]	Да				Да				
Опция 410[1]					Да				Опция 4-портовых метрологических измерений
Опция 417[1]	Да	Да	Да		Да				Отсутствует у модели на 67 ГГц
Опция 419[1]	Да	Да	Да	Да	Да				
Серия PNA-L									
Опция 200									
Опция 216	Да	Да							
Опция 400									Доступно только у N5231/32B
Опция 416[3]	Да	Да							Доступно только у N5231/32B

1. Для независимого регулирования частоты второго внутреннего источника требуется одно из следующих программных приложений: S93080/029/082/083/084/086/ 087/089/090x/093/094A и S94510/511A.
2. Для N5242B опция 425 доступна с приемником с низким уровнем шума по опции 029 или без такового. Для N5247B опция 425 доступна только вместе с опцией 029.
3. Добавляет один аттенюатор источника, используемый всеми измерительными портами.

Конфигурации СВЧ-анализаторов цепей семейства PNA (продолжение)

Серия PNA-L
N5239B 300 кГц — 8,5 ГГц
N5231B 300 кГц — 13,5 ГГц
N5232B 300 кГц — 20 ГГц
N5234B 10 МГц — 43,5 ГГц
N5235B 10 МГц — 50 ГГц

Аппаратные опции

Описание	Для серии PNA-X	Для серии PNA	Для серии PNA-L	Дополнительная информация
Добавление входов ПЧ	N524xB-020	N522xB-020	—	Используется для измерения антенн и расширителей для миллиметровых волн
Добавление импульсного модулятора к первому источнику	N524xB-021	N522xB-021	—	
Добавление импульсного модулятора ко второму источнику	N524xB-022	N522xB-022	—	Требует наличия одной из опций: 22x, 40x, 41x или 42x
Добавление приемника с низким уровнем шума	N524xB-029	—	—	Для управления приемником шумов требуется прикладное ПО S93029A для измерения коэффициента шумов и мощности шумов. Для N5241/42/49B требуется одна из опций: 21x, 22x, 41x или 42x. Для N5244/45/47B требуется одна из опций: 22x или 42x. На N5247B приемник шумов работает только до частоты 50 ГГц.

Прикладное ПО[1]

Описание	Для серии PNA-X	Для серии PNA	Для серии PNA-L	Дополнительная информация
Автоматическое удаление эффектов устройств подключения	S93007A	S93007A	S93007A	
Анализ во временной области	S93010A	S93010A	S93010A	
Динамическая погрешность измерений S-параметров	S93015A	S93015A	S93015A[5]	Отображает погрешность измерения динамически (в режиме реального времени) на графике измерения.
Базовые импульсные ВЧ-измерения	S93025A	S93025A	—	Включает управление встроенными генераторами импульсов и обеспечивает длительность импульсов до 200 нс за счет широкополосного обнаружения
Расширенные импульсные ВЧ-измерения	S93026A	S93026A	—	Включает управление встроенными генераторами импульсов и обеспечивает длительность импульсов до 100 нс за счет широкополосного обнаружения и 20 нс за счет узкополосного обнаружения
Измерения коэффициента шумов с векторной коррекцией[2]	S93029A	S93029A	—	При отсутствии аппаратной опции N524xB-029 используются стандартные приемники
Измерения частотного сдвига	S93080A	S93080A	S93080A	Дает возможность независимо задавать частоту внутренних источников и приемников, а также конфигурировать внешние источники. Эта функция имеется в S93029/082/083/084/086/087/ 089/090x/093/094A и S94510/511A
Скалярные измерения смесителей/преобразователей	S93082A	S93082A	S93082A	Обеспечивает класс измерений SMC. S93082A является частным случаем S93083A.
Векторные и скалярные измерения смесителя/преобразователя[3]	S93083A	S93083A	—	Обеспечивает классы измерений SMC+Phase и VMC
Встроенная функция LO	S93084A	S93084A	—	Работает с S93029/082/083/086/087A
Измерения компрессии коэффициента усиления	S93086A	S93086A	—	
Измерения интермодуляционных искажений[4]	S93087A	S93087A	—	Не поставляется с опциями испытательных схем PNA 200, 210, 400 и 410
Контроль фазы источника	S93088A	S93088A	—	
Измерения для устройств с дифференциальными и I/Q-входами	S93089A	S93089A	—	Требуется опция 4-портовой испытательной схемы (4xx)

1. Поддерживаемые типы лицензий на ПО: привязанная бессрочная (1FP), переносимая бессрочная (1TP), привязанная на 1 год (1FY) и переносимая на 1 год (1TY).
2. Для N522xB и N5241/42/49B векторные измерения с поправкой на шум требуют наличия ECal для использования в качестве тюнера импеданса. Для N5244/45/47B с опцией 029 поставляется внутренний тюнер. Для калибровки по шуму при использовании стандартного приемника требуется измеритель мощности. При использовании приемника с низким уровнем шума (опция 029) требуется либо измеритель мощности, либо генератор шума серии 346 (рекомендуется Keysight 346C или 346C-K01). Для измерений смесителей и преобразователей требуется измеритель мощности.
3. Для измерений VMC требуется настраиваемая испытательная схема для подключения эталонного смесителя, также она требуется для измерений SMC+Phase с использованием калибровки на базе генератора опорных значений фаз. При заказе с опциями 200, 210, 400 или 410 испытательной схемы PNA (без перемычек на передней панели) измерения фазы и задержки могут выполняться только с использованием SMC+Phase с калибровочным смесителем.
4 S93087A может использоваться без опций PNA-X 22x или 42x, однако может потребоваться внешнее оборудование, например генератор сигналов и сумматор. Подробнее см. на стр. 19
5. S93015A недоступна для N5231B и N5232B.

Конфигурации СВЧ-анализаторов цепей семейства PNA (продолжение)

Серия PNA-X	Серия PNA	Серия PNA-L
N5249B 10 МГц — 8,5 ГГц	N5221B 10 МГц — 13,5 ГГц	N5239B 300 кГц — 8,5 ГГц
N5241B 10 МГц — 13,5 ГГц	N5222B 10 МГц — 26,5 ГГц	N5231B 300 кГц — 13,5 ГГц
N5242B 10 МГц — 26,5 ГГц	N5224B 10 МГц — 43,5 ГГц	N5232B 300 кГц — 20 ГГц
N5244B 10 МГц — 43,5 ГГц	N5225B 10 МГц — 50 ГГц	N5234B 10 МГц — 43,5 ГГц
N5245B 10 МГц — 50 ГГц	N5227B 10 МГц — 67 ГГц	N5235B 10 МГц — 50 ГГц
N5247B 10 МГц — 67 ГГц		

Прикладное ПО[1] (продолжение)

Описание	Для серии PNA-X	Для серии PNA	Для серии PNA-L	Дополнительная информация
Анализ спектра, до 8,5 ГГц[2]	S930900A	S930900A	S930900A	
Анализ спектра, до 13,5 ГГц[2]	S930901A	S930901A	S930901A	
Анализ спектра, до 26,5 ГГц[2]	S930902A	S930902A	S930902A	
Анализ спектра, до 43,5 ГГц[2]	S930904A	S930904A	S930904A	
Анализ спектра, до 50 ГГц[2]	S930905A	S930905A	S930905A	
Анализ спектра, до 67 ГГц[2]	S930907A	S930907A	—	
Анализ спектра, до 90 ГГц[2]	S930909A	S930909A	—	
Анализ спектра, до 120 ГГц	S93093A	S93093A	—	
Анализ спектра, свыше 120 ГГц	S93094A	S93094A	—	
Быстрые измерения непрерывных волн	S93118A	S93118A	—	
Испытательный сигнал в режиме True-Mode	S93460A	S93460A	—	Требуется опция 4-портовой испытательной схемы (4xx)
Измерения с N портами[3]	S93551A[4]	S93551A	S93551A	Не поставляется с опциями испытательных схем 200, 210, 400 и 410
Нелинейный векторный анализ цепей[5]				
Нелинейная характеристика компонента	S94510A[6]	—	—	Требуется опция испытательной схемы 41x или 42x
Нелинейная характеристика компонента	S94511A[6]	—	—	Версия для экспортного контроля. Требуется опция испытательной схемы 41x или 42x
Нелинейные X-параметры[8,9]	S94514A[7]	—	—	Требуется опция испытательной схемы 42x и прикладное ПО S94510A или S94511A
Область с нелинейной огибающей импульса	S94518A	—	—	Требуется аппаратная опция 021 и прикладное ПО S94510A либо S94511A, а также S93025A либо S93026A
X-параметры произвольного импеданса нагрузки[8,9]	S94520A	—	—	Требуется прикладное ПО S94514A и дополнительное приложение для контроля нагрузки.
X-параметры произвольного контроля нагрузки[8,9]	S94521A	—	—	Требуется прикладное ПО S94520A

1. Поддерживаемые типы лицензий на ПО: привязанная бессрочная (1FP), переносимая бессрочная (1TP), привязанная на 1 год (1FY) и переносимая на 1 год (1TY) (примечание: S93093A, S93094A, S93898A и S94510A имеют только привязанные типы лицензий).
2. Для использования с моделями PNA и PNA-X рекомендуется испытательная схема с аттенюаторами внутреннего приемника во избежание компрессии приемника при измерении входных сигналов высокого уровня. Для использования с моделями PNA-L рекомендуется опция испытательной схемы 216 или 416, чтобы иметь возможность подключать внешние аттенюаторы посредством перемычек на передней панели во избежание компрессии приемника в необходимых случаях.
3. При заказе испытательной схемы выберите соответствующий интерфейсный комплект. Подробнее см. в разделе «Многопортовые измерения» на стр. 28.
4. Если N524xB настроен как многопортовый анализатор с использованием S93551A и многопортовой испытательной схемы, функция сумматора опции 22x или 42x временно отключается. При настройке в качестве отдельного анализатора функция сумматора включается.
5. Полностью сконфигурированная система векторного анализатора нелинейных цепей требует наличия двух генераторов опорных значений фаз с источниками питания, калибровочных наборов Keysight (механических или ECal), измерителя и датчика мощности либо USB-датчика мощности.
6. Для импульсной работы требуется опция 021 и S93025A либо S93026A.
7. Для импульсной работы требуется опция 021, 022 и S93025A либо S93026A.
8. Требуется генератор сигналов EXG, MXG или PSG для выделения параметра X (эталонный выходной сигнал PNA-X 10 МГц может использоваться для тональной разбивки в диапазоне 10 МГц).
9. X-параметры являются торговой маркой и зарегистрированной торговой маркой компании Keysight Technologies в США, Европе, Японии и в остальных странах и регионах. Формат X-параметров и уравнения для вычисления открыты и зафиксированы в документации. Подробнее см. на странице www.keysight.com/find/eesof-x-parameters-info.

Конфигурации СВЧ-анализаторов цепей семейства PNA (продолжение)

Серия PNA-X
N5249B 10 МГц — 8,5 ГГц
N5241B 10 МГц — 13,5 ГГц
N5242B 10 МГц — 26,5 ГГц
N5244B 10 МГц — 43,5 ГГц
N5245B 10 МГц — 50 ГГц
N5247B 10 МГц — 67 ГГц

Серия PNA
N5221B 10 МГц — 13,5 ГГц
N5222B 10 МГц — 26,5 ГГц
N5224B 10 МГц — 43,5 ГГц
N5225B 10 МГц — 50 ГГц
N5227B 10 МГц — 67 ГГц

Серия PNA-L
N5239B 300 кГц — 8,5 ГГц
N5231B 300 кГц — 13,5 ГГц
N5232B 300 кГц — 20 ГГц
N5234B 10 МГц — 43,5 ГГц
N5235B 10 МГц — 50 ГГц

Измерительные принадлежности и опции калибровки

Описание	Для серии PNA-X	Для серии PNA	Для серии PNA-L	Дополнительная информация
Принадлежности				
Комплект для монтажа в стойку для использования без ручек	N524xB-1CM	N522xB-1CM	N523xB-1CM	
Комплект для монтажа в стойку для использования с ручками	N524xB-1CP	N522xB-1CP	N523xB-1CP	
Переход импульсного ввода-вывода	N1966A	N1966A	—	
Генератор опорных значений фаз[1]	U9391C/F/G	—	—	
Калибровочное программное обеспечение				
Встроенное ПО для тестирования рабочих показателей для калибровки, соответствующей стандарту[2]	S93898A	S93898A	S93898A	
Документация по калибровке				
Калибровка согласно ИСО 17025	N524xB-1A7	N522xB-1A7	N523xB-1A7	
Сертификат коммерческой калибровки и данные испытаний	N524xB-UK6	N522xB-UK6	N523xB-UK6	
Калибровка согласно ANSI Z540	N524xB-A6J	N522xB-A6J	N523xB-A6J	

1. Полностью сконфигурированная система векторного анализатора нелинейных цепей требует наличия двух генераторов опорных значений фаз с источниками питания, калибровочных наборов Keysight (механических или ECal), измерителя и датчика мощности либо USB-датчика мощности.
2. Требуется дополнительное оборудование. Необходимое сервисное оборудование для тестирования см. в руководстве по обслуживанию анализатора.

Учетные записи и пароли пользователей VNA

Важно: при включении питания анализатора VNA он АВТОМАТИЧЕСКИ входит в систему Windows, используя имя пользователя и пароль по умолчанию. Выполнять вход в систему при этом НЕ требуется. В результате любой пользователь получает полный доступ к анализатору. Повысить безопасность работы с анализатором VNA можно следующим образом.

- Сделать обязательной авторизацию пользователей при включении компьютера VNA — как это сделать.
- Настроить индивидуальные учетные записи VNA с разными уровнями доступа — как это сделать. См. также: Пользовательские настройки VNA

Существующие учетные записи пользователей

На новых анализаторах VNA уже имеются следующие учетные записи пользователей.

Имя пользователя	Пароль	Тип	Описание
Instrument	measure4u	Администратор	Активирован автоматический вход по умолчанию.
Administrator	Keysight4u!	Встроенный администратор	Для выполнения технического обслуживания пользователем.

Примечание. Имя пользователя нечувствительно к регистру. Пароль чувствителен к регистру.

Примечание. Локальные политики VNA настроены так, что если требуется вход в учетную запись, необходимо каждый раз заново набирать имя пользователя и пароль. Не изменяйте локальные политики VNA.

Добавление или изменение учетных записей пользователей и паролей с обязательной авторизацией

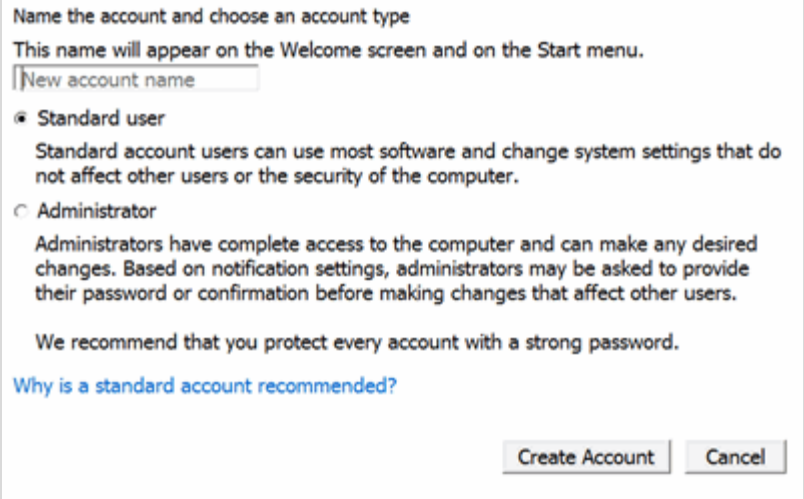
Если анализатор находится в безопасной среде, можно задавать пользователей VNA по именам и предоставлять им различные уровни доступа.

Можно назначить одного пользователя администратором, а затем настроить VNA так, чтобы остальные пользователи имели ограниченные права. Это значит, что другие лица смогут пользоваться анализатором, но не смогут выполнять никакие функции администрирования, которые может выполнять пользователь с правами администратора.

Ниже приведены примеры некоторых функций, которые могут выполняться в учетных записях указанных типов.

- **Администратор:** может загружать и устанавливать встроенное программное обеспечение. Администратор может изменять все системные настройки операционной системы.
- **Обычный пользователь:** может использовать **все возможности** VNA для проведения измерений и сохранения файлов состояния и данных. Обычные пользователи НЕ могут устанавливать встроенное ПО.

Порядок добавления учетной записи пользователя с обязательной авторизацией

Windows 7
Нажмите **Start («Пуск»)**, затем **Control Panel («Панель управления»)**
Нажмите **User Accounts («Учетные записи пользователей»)**
Нажмите **Manage another account («Управление другой учетной записью»)** **ВНИМАНИЕ!** НЕ разрешайте вход в учетную запись администратора без ввода пароля, хотя это и допускается системой Windows. Вирусы из Интернета ищут такую возможность и используют ее.
Нажмите **Create a new account («Создать новую учетную запись»).** Введите имя учетной записи. Выберите тип учетной записи. Нажмите **Create Account («Создать учетную запись»)**.    **Дополнительно:** нажмите **Create a password («Создать пароль»)** чтобы при входе в учетную запись от пользователя требовался ввод пароля.

Пользовательские настройки VNA

Почти все постоянные настройки VNA являются глобальными (относятся ко всем пользователям).

Перечисленные ниже исключения возвращаются к значениям по умолчанию при настройке новой учетной записи:

- Глобальная индикация состояния «Пройдено/не пройдено»
- Список недавно открытых файлов
- Глобальные ограничения энергопотребления
- Редактор формул — недавно использованные импортируемые dll
- Предпочтения:
  - Режим питания при обратном ходе развертки
  - Включено ли питание при обратном ходе

Быстрый запуск

Обзор передней панели

Обзор передней панели VNA

Область измерительных портов E5080A

См. также

- Обзор задней панели
  - VNA-X и N522xB

Выключатель питания

Имеет два положения: питание включено (|) и режим ожидания (O).

Научитесь включать и выключать питание анализатора VNA.

Сенсорный ЖК-экран

Анализатор VNA оснащен цветным сенсорным TFT ЖК-дисплеем с диагональю 12,1 дюйма. Он предназначен для отображения графиков, шкал, настроек, сенсорных клавиш и иной информации, относящейся к измерениям. Сенсорный ЖК-экран позволяет работать с сенсорными клавишами прямыми касаниями экрана.

Примечание.

Не нажимайте на поверхность сенсорного ЖК-экрана острыми предметами (гвоздями, ручками, отвертками и т. п.). Это приведет к механическому повреждению или сбоям в работе ЖК-экрана.

Доля рабочих пикселей — не менее 99,998 %. Наличие менее 0,002 % неподвижных черных, синих, зеленых или красных точек не является неисправностью.

Измерительные порты

Доступны модели с 2 и 4 измерительными портами.

Перемычки доступа на передней панели

Данные соединители обеспечивают прямой доступ к источнику и приемникам сигналов VNA. Они позволяют выполнять разнообразные виды измерений и расширить динамический диапазон.

Порт 1	Порт 3	Порт 4	Порт 2

N5247B

В целях ограничения потерь в тракте передачи перемычки SW SRC OUT – COMB IN порта 1 и порта 3 были перемещены с задней панели (J8–J11) на переднюю.

Важно: все перемычки на передней панели N5247B могут быть ОЧЕНЬ ЛЕГКО ПОВРЕЖДЕНЫ.

Данный USB-концентратор оборудован четырьмя USB-портами для питания периферийных устройств анализатора VNA. Кроме того, имеется четыре USB-порта на задней панели.

Ограничение: суммарный потребляемый ток по всем восьми USB-портам не должен превышать 4,0 А. При превышении указанного предельного значения все USB-порты будут отключены, пока какое-либо устройство не будет извлечено из порта и потребляемый ток не станет ниже предельного значения. При первом подключении модули Keysight ECal 8509x и N4431 потребляют значительно больший ток, чем другие модули.

Примечание.

При ПЕРВОМ ПОДКЛЮЧЕНИИ каждого USB-устройства (модуля ECal, датчика мощности и т. д.) по серийному номеру к определенному USB-порту VNA вам необходимо войти в учетную запись Администратора VNA. Как это сделать.

При появлении диалогового окна New Hardware Found («Найдено новое устройство») нажмите OK, чтобы выполнить установку устройства.

После завершения установки при подключении того же USB-устройства к тому же USB-порту можно войти в VNA с ограниченными правами/правами обычного пользователя.

Заземляющий контакт

Подключите штекер типа «банан» к этому контакту, чтобы заземлить шасси анализатора VNA.

Питание пробника отсутствует

У моделей VNA питание пробника НЕ предусмотрено.

Аппаратные клавиши

Клавиши INSTRUMENT

Управляют графиками и каналами на дисплее анализатора VNA.

Аппаратная клавиша	Вызываемые сенсорные клавиши
Prev	Активирует предыдущий график/канал/окно.
Next	Активирует следующий график/канал/окно.
Trace	Вызывает сенсорное меню Traces («Графики»), позволяющее управлять графиками.
Channel	Вызывает сенсорное меню Channels («Каналы»), позволяющее управлять каналами.
Display	Вызывает сенсорное меню Display («Дисплей»), позволяющее управлять функциями дисплея.
Setup	Вызывает сенсорное меню Setup («Настройка»), позволяющее выполнять настройки измерений.

Клавиши RESPONSE

Выполняют операции с графиками измерений после сбора данных, кроме операций по анализу данных.

Аппаратная клавиша	Вызываемые сенсорные клавиши — Нажмите, чтобы узнать больше
Meas	S-Param («S-параметры») • Класс измерений Сбалансированный • Сбалансированный источник/топология Приемники Волны Вспомогательные функции Настройка измерений • Преобразования • Корректировка • Удержание графика • Редактор формул • Память

	• Временная область • Настройка импульса
Format	Формат 1 • Формат • Апертура групповой задержки Формат 2
Scale	Главное меню • Автоматическое масштабирование • Масштаб • Опорный уровень • Положение точки отсчета • Объединение масштабов Электрическая задержка • Длительность задержки • Расстояние задержки • Единицы измерения расстояния • Коэффициент скорости • Среда — волновод/коаксиальный кабель • Частота отключения волновода Константы • Система Z0 • Смещение фазы • Смещение амплитуды • Уклон амплитуды
Math	Память • Память данных / математических выражений • Нормализация • Математические выражения • Дисплей • Режим 8510 Анализ • Преобразования • Редактор формул • Статистика • Анализ погрешности

	• Пределы • Таблица пределов Временная область • Преобразование • Время начала • Время окончания • Время середины • Интервал времени • Режим временной области • Панель инструментов временной области • Настройка временной области Временное стробирование • Стробирование • Начало стробирования • Окончание стробирования • Середина стробирования • Шаг стробирования • Тип стробирования • Форма стробирования • Настройка стробирования
Avg BW	Главное меню • Усреднение • Перезапуск усреднения • Тип усреднения • Полоса ПЧ • Автовыбор ширины полосы НЧ Сглаживание • Сглаживание • Процент сглаживания • Точки сглаживания Апертура задержки • Процент апертуры • Точки апертуры • Частота апертуры
Cal	Главное меню • Базовая калибровка

	• Прочие калибровки
	  •
	  • Полная калибровка
	  • Интеллектуальная калибровка
	  • ECal
	  • Калибровка ответного сигнала
	  • Калибровка мощности источника
	• Корректировка
	• Корректировка мощности источника
	• Интерполяция
	• Способы корректировки
	• Свойства
	Расширение порта
	• Выбор
	• Расширение порта
	• Время
	• Расстояние
	• Коэффициент скорости
	• Потери постоянного тока
	• Расширения портов
	• Автоматическое расширение портов
	Калибровочные наборы и массивы калибровочных коэффициентов
	• Массив калибровочных коэффициентов
	• Средство просмотра массивов калибровочных коэффициентов
	• Калибровочный набор
	• ECal
	• Cal Pod
	• Настройка погрешности
	Соединительная оснастка
	• Применить соединительную оснастку
	• Компенсация питания
	• Настройка соединительной оснастки
	• Менеджер планирования калибровки
	• Автоматическое удаление эффектов соединительной оснастки

Marker	Маркеры 1–7 Маркеры 8–15

	Настройка маркера • Дельта • Дискретный • Тип • Формат • Связанный • Отображение маркера • Таблица маркеров • Полное отключение Функции маркеров • Маркер -> Начало • Маркер -> Конец • Маркер -> Центр • Маркер -> Интервал • Маркер -> Базовый уровень • Маркер -> Задержка • Маркер -> Частота непрерывных колебаний • Маркер -> Адрес источника
Search	Главное меню • Поиск максимума • Поиск минимума • Область • Начало области • Конец области • Отслеживание Пик • Поиск пика • Пик справа >> Поиск • << Пик слева Поиск • Поиск следующего пика • Порог • Отклонение • Полярность пика Отслеживание целевой точки • Поиск целевой точки • Целевая точка справа >> Поиск

	• << Целевая точка слева Поиск • Целевое значение • Переход • Отслеживание нескольких пиков и целевой точки Поиск нескольких пиков • Порог пика • Отклонение пика • Полярность пика • Поиск нескольких целевых точек • Целевое значение • Переход Отслеживание полосы пропускания и режекции сигнала • Поиск полосы пропускания • Отношение полосы пропускания к маркеру/пику • Уровень полосы пропускания • Поиск режекции сигнала • Отношение режекции сигнала к маркеру/пику • Уровень режекции сигнала • Отслеживание Компрессия и насыщенность • Поиск компрессии • Уровень компрессии • Поиск насыщенности • Потери мощности от Pmax • Отслеживание Нормальная рабочая Pt • Нормальный рабочий поиск • Потери мощности • Смещение контакта • Отслеживание

Клавиши STIMULUS

Настройки управления, определяющие, какие данные измеряются (диапазон испытательного сигнала) и каким образом они измеряются (тип управляющего и инициирующего сигналов).

Аппаратная клавиша	**Вызываемые сенсорные клавиши —** Нажмите, чтобы узнать больше
Freq	Диапазон частот Режим смещения частоты
Power	Главное меню • Уровень мощности • Мощность ВЧ-сигнала • Начальная мощность • Конечная мощность • Мощность и аттенюаторы Мощность на порту • Выбор • Уровень мощности • Начальная мощность • Конечная мощность • Состояние источника • Связь по входу Выравнивание и смещения • Выбор • Наклон • Смещение • Предел • Смещения и пределы • Аппаратура ALC • Выравнивание приемника
Sweep	Главное меню • Количество точек • Тип развертки • Начало • Конец • Тип оси X • Настройка развертки Синхронизация развертки • Время развертки • Время измерения в точке • Задержка развертки • Режим развертки

	• Порядок развертки • Быстрая развертка Управление источником • Смещение частоты • Настройка импульса • Сбалансированный источник • Контроль фазы • Источник постоянного тока Таблица сегментов • Добавить сегмент • Вставить сегмент • Удалить сегмент • Удалить все сегменты • Таблица сегментов • Показать таблицу
Trigger	Главное меню • Удержание • Одиночный • Группы • Непрерывный • Ручной триггер • Перезапуск • Источники сигнала запуска • Триггер

Клавиши UTILITY

Выполняют глобальные операции VNA.

Аппаратная клавиша	**Вызываемые сенсорные клавиши —** Нажмите, чтобы узнать больше
Save Recall	Вызов файла • Вызов состояния • Вызов реестра • Вызов массива калибровочных коэффициентов • Вызов данных • Вызов порядка Сохранение состояния • Сохранить состояние • Автосохранение

	• Сохранить состояние как • Сохранить реестр • Сохранить тип • Удалить состояние Сохранить прочее • Сохранить массив калибровочных коэффициентов • Сохранить данные • Сохранить экранный снимок • Сохранить пользовательскую предварительную настройку • Управление файлами
Macro	Избранное 1 Избранное 2 Избранное 3 Макрос 1 Макрос 2 Макрос 3 Настройка клавиш • Настройка макросов • Очистить избранное
System	Главное меню • Показать панель задач • Переместить приложение назад • Свернуть окно приложения • Выход • Безопасность • Панель управления • Управление файлами Настройка системы • Клавиши «следующий/предыдущий» • Предпочтения • Звук • Интерфейс удаленного управления • Состояние локальной сети • Эмуляция кода

	Печать • Печать • Печать в файл • Параметры страницы • Цветная печать Справка • Справка NA • В сети Интернет • Отображение ошибок • Просмотр журнала ошибок • О службе NA • Обновить встроенное ПО • Верификация • Процедуры настройки • Диагностика • Активировать опцию
Undo	Главное меню • Отменить • Повторить • Очистить историю отмены
Help	Запускает файл справки
Preset	Главное меню • Предварительная настройка • Пользовательская предварительная настройка • Подтвердить предварительную настройку

Клавиши ENTRY

Аппаратная клавиша	Вызываемые сенсорные клавиши
OK	Закрывает диалоговое окно и осуществляет ввод всех значений, набранных в диалоговом окне.
Cancel	Закрывает диалоговое окно.
Bk Sp	Сдвиг назад. Перемещает курсор назад с удалением всех ранее выбранных значений.
0–9	Выбор значений для настроек измерений; после выбора необходимо нажать Enter или G/n - M/u - k/m, чтобы завершить выбор.

T/p G/n M/u k/m	Завершение выбора значений с назначением единиц измерения. • G/n (гига-/нано-): x10^{12} или x10^{-12} • M/u (мега-/микро-): x106 или x10-6 • k/m (кило-/милли-): x103 или x10-3
Enter	Ввод выбранных значений для настроек измерений.
Десятичная точка	Ввод десятичной точки для отделения дробной части числа.
+/–	Плюс-минус: выбор положительного или отрицательного значения для ввода, если эта кнопка при вводе нажимается первой.

Ручка

Вращением этой ручки увеличивается или уменьшается значение в активном поле ввода.

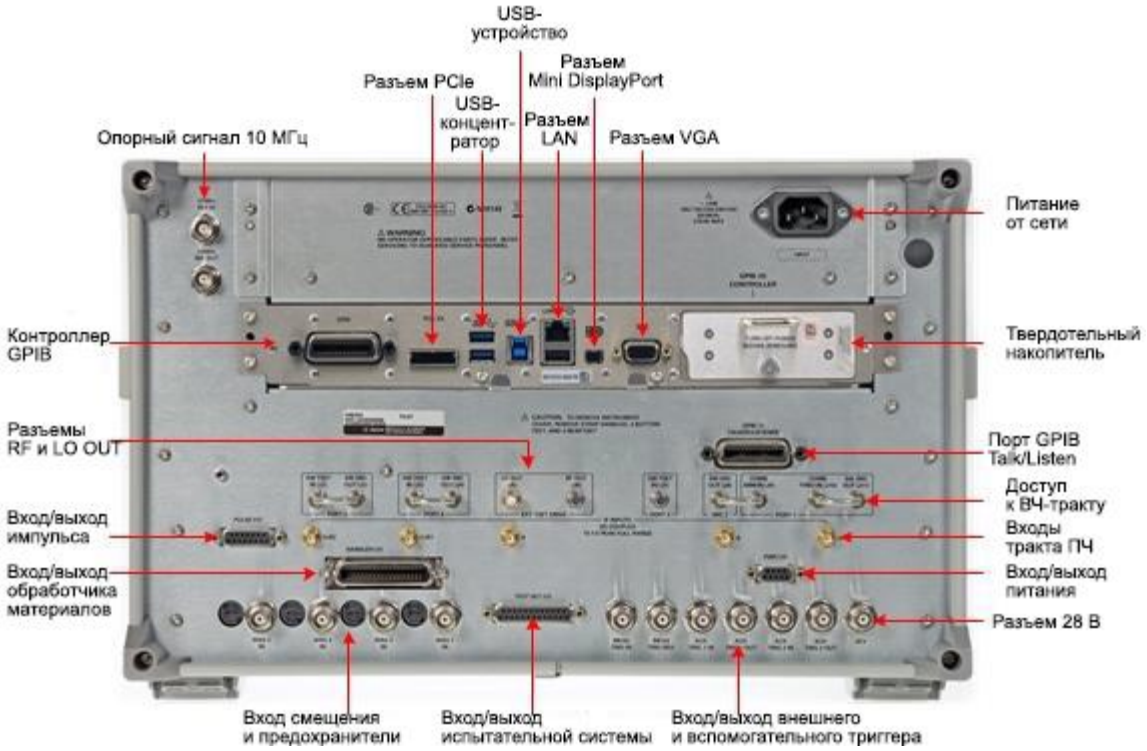
Клавиши навигации

Эти клавиши позволяют перемещаться по меню и диалоговым окнам, а также делать выбор в активных панелях ввода.

Аппаратная клавиша	Вызываемые сенсорные клавиши
Влево/ Вправо	Перемещение влево и вправо по меню. Перемещение табулятора влево и вправо в диалоговых окнах.
Вверх/вниз	Перемещение вверх и вниз по меню. В диалоговых окнах выполняют следующие действия: • Изменение числовых значений • Перемещение по элементам выпадающих списков • Перемещение по кнопкам опций в группах таких кнопок.
Щелчок	Выбор, аналогичный щелчку мыши.

Обзор задней панели

Задняя панель VNA-X и N522xB



Вход/выход опорного сигнала 10 МГц

Вход опорного сигнала 10 МГц. При обнаружении на этом порту внешнего опорного сигнала частотой 10 МГц он будет использоваться прибором в качестве опорного сигнала вместо внутренней опорной частоты.

Выход опорного сигнала 10 МГц Данный разъем с соединителем BNC(f) служит для выдачи сигнала опорной частоты для использования другим испытательным оборудованием.

- См. команду SCPI, обнаруживающую внешний опорный сигнал на этом соединителе.

Соединитель VGA **Подробнее**

USB-концентратор

Данный USB-концентратор оборудован двумя высокоскоростными USB-портами для питания периферийных устройств анализатора VNA. Также предусмотрены один USB-порт под разъемом LAN, один порт для USB-устройства и четыре USB-порта на передней панели.

Ограничение: Суммарное предельное значение силы тока для всех USB-портов на задней панели составляет 2,3 А. Суммарное предельное значение силы тока для всех USB-портов на передней панели составляет 2 А. При первом подключении модули Keysight ECal 8509x и N4431 потребляют значительно больший ток, чем другие модули.

См. важное замечание относительно первого USB-подключения.

USB-устройство **Подробнее**

Соединитель LAN

Данный соединитель 10/100/1000 BaseT Ethernet имеет стандартную 8-контактную конфигурацию и функцию автоматического выбора скорости передачи данных.

Соединитель Mini DisplayPort

Соединитель Mini DisplayPort — это миниатюрный вариант соединителя DisplayPort для подключения внешних дисплеев.

Контроллер GPIB и порты Talker/Listener

VNA-X можно использовать в качестве контроллера GPIB и устройства Talker/Listener.

Соединитель PCIe X4

Соединитель PCIe X4 — это 4-полосная розетка для дальнейшего расширения.

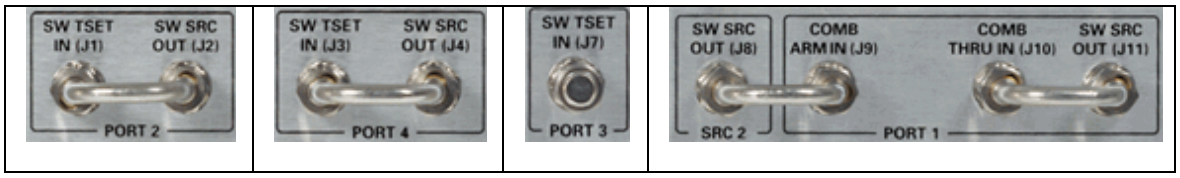
Доступ к ВЧ-тракту

Эти соединители ОТСУТСТВУЮТ у моделей N522x и N5264B.

Эти соединители позволяют выполнять настройку конфигурации ВЧ-тракта.

Порты 3 и 4 у двухпортовых моделей отсутствуют.

N5247A: перемычки J8–J11 перемещены на переднюю панель.



RF и LO OUT

Соединитель RF OUT отсутствует у N5264B

Для N5247B и N5227B: добавлен соединитель RF2 OUT (J12) для 4-портового VNA на 110 ГГц с одиночной разверткой. Позволяет одновременно управлять двумя модулями в диапазоне миллиметровых волн.

Внимание! LO OUT имеет более высокую мощность по сравнению с предыдущими моделями VNA.

Входы тракта ПЧ

Опция 020 добавляет данные соединители, с помощью которых обеспечивается доступ к приемнику VNA / трактам ПЧ.

Они имеют обозначения A, B, C/R1, D/R2, R.

- На 2-портовых моделях используйте соединители A, B, R1, R2.
- На 4-портовых моделях используйте соединители A, B, C, D, R.

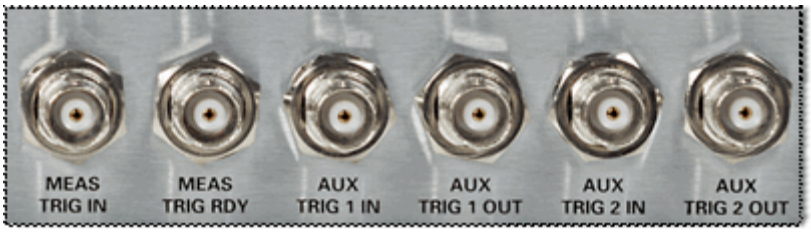
Вход/выход питания

+28 В пост. тока (выход BNC)

Используется для питания генератора шума для приложения Noise Figure.

- Максимальный ток в установившемся режиме: 300 мА.
- Максимальный пусковой ток: 500 мА.
- Данный выход защищен самовосстанавливающимся предохранителем.

Вход/выход внешнего и вспомогательного триггера



MEAS TRIG IN: если данная функция активирована, VNA включается по сигналам от этого соединителя.

MEAS TRIG RDY: если данная функция активирована, VNA выдает сигнал READY («Готов») на данный соединитель для других устройств.

AUX TRIG 1&2 IN: если данная функция активирована, VNA принимает сигналы на эти соединители, что показывает, что внешние устройства готовы к включению.

AUX TRIG 1&2 OUT: если данная функция активирована, VNA выдает сигналы на эти соединители до или после измерения.

Вход/выход испытательной схемы

Вход смещения и предохранители

Подключите источник питания постоянного тока, чтобы подать ток смещения на порты VNA через данные соединители BNC.

- Номинал предохранителей тока смещения: 0,5 А. Следите за тем, чтобы устройства, подключаемые к измерительному порту, НЕ потребляли ток больше 0,5 А. Такое происходит, например, при подключении калибровочной ЗАМЫКАЮЩЕЙ ПЕРЕМЫЧКИ к измерительному порту при ВКЛЮЧЕННОМ токе смещения. Каталожный номер предохранителя Keysight для VNA-X: 2110-0824.
- VNA соответствует всем заявленным ВЧ-характеристикам при токе смещения до 200 мА. По мере увеличения смещения постоянного тока скорректированное согласование источника и направленность будут ухудшаться при малых частотах из ВЧ-диапазона.

ЦПУ

См. раздел «Определить версию ЦПУ своего VNA» (требуется доступ в Интернет).

Твердотельный накопитель (SSD)

Более подробные сведения о снятии твердотельного накопителя см. в Руководстве по ремонту. (требуется доступ в Интернет).

Включение и выключение питания анализаторов VNA

В данном разделе рассматриваются следующие вопросы:

- Порядок выхода из системы, выключения или перезагрузки VNA
- Режим включения (ON)
- Отключение автозапуска
- Выключение

Примечания. В процессе загрузки Windows или прикладного ПО анализатора цепей НЕ нажимайте кнопки на передней панели, не вращайте ручку RPG и не подключайте USB-устройства. В противном случае передняя панель может быть заблокирована. Если отсутствует реакция клавиатуры на передней панели VNA или USB-портов, выполните выключение или перезагрузку VNA.

Порядок выхода из системы, выключения или перезагрузки VNA.

1. Сверните окно приложения VNA
2. Нажмите Window Start.
3. Выберите один из следующих пунктов:

   - Shut down («Выключить»)
   - Log off («Выйти из системы») (закрывает программы)
   - Restart («Перезагрузка») (выключение и запуск)

   ИЛИ

1. Нажмите кнопку питания на передней панели VNA (только для выключения).

Примечание. ТОЛЬКО если VNA заблокирован и работа с клавиатурой и мышью невозможна, выключите VNA, нажав кнопку питания и удерживая ее не менее четырех секунд. Старайтесь использовать этот способ как можно реже! Частые отключения таким способом ПРИВЕДУТ к повреждению твердотельного накопителя.

Режим включения (ON)

- Чтобы включить VNA, нажмите кнопку питания.
- При включении питания цвет индикатора питания сменится на зеленый.

Отключение автозапуска VNA

Приложение VNA (835x.exe) всегда запускается автоматически при включении питания. Чтобы этого не происходило, выполните следующее:

1. Сверните окно приложения VNA.
2. В проводнике Windows найдите и дважды щелкните по следующему файлу: C:/Program Files(x86)/Keysight/Network Analyzer/Service/Toggle_PNA_Autostart.exe

Этот скрипт включает и выключает режим автозапуска VNA.

Режим выключения

- В режиме выключения не происходит автоматического сохранения данных VNA перед выключением питания VNA.
- При следующем включении питания VNA выполняется полная загрузка системы, и VNA включается с предварительно заданными настройками.
- Для возобновления работы с VNA после режима выключения может потребоваться ввод пароля. Подробнее.
- Чтобы гарантировать соответствие своих измерений нормируемым характеристикам VNA, дайте VNA прогреться в течение 90 минут после того, как индикатор питания загорится зеленым.
- При выключении питания цвет индикатора питания сменится на желтый.

Примечание. Если VNA заблокирован и работа с клавиатурой и мышью невозможна, выключите VNA, нажав кнопку питания и удерживая ее не менее четырех секунд. Старайтесь использовать этот способ как можно реже! Частые отключения таким способом ПРИВЕДУТ к повреждению твердотельного накопителя.

Отключение VNA от сети питания

- Отсоединять кабель питания от VNA разрешается ТОЛЬКО в том случае, если индикатор питания горит желтым, в режиме гибернации или отключения. Если отсоединить кабель питания в то время, когда индикатор горит зеленым (VNA включен), возможно повреждение твердотельного накопителя.
- После отсоединения кабеля питания индикатор будет гореть желтым в течение еще нескольких секунд.

Графики, каналы, окна и листы

Важно понимать значение следующих терминов применительно к анализатору.

- Графики — управление
- Каналы — управление
- Окна — управление
- Листы — управление

Графики

Графики — это серии измеренных точек данных. Теоретического ограничения на количество графиков не существует. Однако практически оно ограничено максимальным количеством окон, умноженным на максимальное количество графиков в окне (**24**).

Кроме того, для каждого графика, построенного по данным, можно сохранить в памяти и отображать только один график. Подробнее о математических операциях / памяти графиков.

Настройки графика влияют на отображение измеренных данных и математические операции с ними. Предусмотрены следующие настройки графиков:

- Параметр
- Формат и масштаб
- Сглаживание
- Включение/отключение поправки
- Электрическая задержка
- Смещение фазы
- Математические операции с графиком
- Маркеры
- Временная область (опция S93010A/010)

Управление графиками

- Добавление графика
- Выбор графика
- Удаление графика
- Перемещение графика
- Максимальное увеличение графика
- Удержание графика (в максимальном или минимальном размере)
- Создание нового графика

- Изменение параметров графика
- Отображение пользовательского названия графика (отдельная тема)
- Отображение активного графика в широком формате (отдельная тема)

Добавление графика

Выбрать можно только результаты измерений, относящиеся к тому же классу, который сопоставлен каналу в данный момент. Чтобы выбрать другие результаты измерений, необходимо сначала выбрать соответствующий класс измерений для нового или имеющегося канала. Как это сделать.

Прежде чем изменять настройки графика, его необходимо выбрать (сделать активным).

Как узнать, какой график активен?

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки

1. Для графиков 1–7 нажмите **Trace** > ***Trace 1-7*** > и щелкните небольшую кнопку **Trace 1-7** слева (пример: нажмите небольшую кнопку Trace 1 слева, и график 1 станет активным и будет окрашен в зеленый цвет; таким образом будет добавлен график 1).
2. Для графиков 8–15 нажмите **Trace** > ***Trace 8-15*** > и щелкните небольшую кнопку **Trace 8-15** слева (пример: нажмите небольшую кнопку Trace 9 слева, и график 9 станет активным и будет окрашен в зеленый цвет; таким образом будет добавлен график 1).
3. Другой метод добавления графиков — нажать **Trace** > ***Trace 1-7*** > **New Traces...**
4. Для графиков с другими номерами нажмите **Trace** > ***Trace Setup*** > **Add Trace**, затем выберите **New Trace** («Новый график»), **New Trace + Channel** («Новый график + канал»), **New Trace + Window** («Новый график + окно»), **New trace + Channel + Window** («Новый график + канал + окно») или **New Traces...** («Новые графики...»).

С помощью мыши

1. Щелкните правой кнопкой в квадрат сетки и выберите **New Trace...**

Команды программирования

Выбор графика

Выбрать можно только результаты измерений, относящиеся к тому же классу, который сопоставлен каналу в данный момент. Чтобы выбрать другие результаты измерений, необходимо сначала выбрать соответствующий класс измерений для нового или имеющегося канала. Как это сделать.

Прежде чем изменять настройки графика, его необходимо выбрать (сделать активным).

Как узнать, какой график активен?

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки

1. Нажмите **Trace** > ***Trace Setup*** > **Select**.
2. Выберите номер графика, соответствующий требуемому параметру измерений.

С помощью мыши

1. Щелкните по ярлыку Trace Status на любом графике выше координатной сетки.

Команды программирования

Удаление графика

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки

1. Для графиков 1–7 нажмите **Trace** > ***Trace 1-7*** > и щелкните небольшую кнопку **Trace 1-7** слева (пример: нажмите небольшую кнопку Trace 1 слева, и график 1 будет деактивирован, когда его зеленая окраска исчезнет).
2. Для графиков 9–16 нажмите **Trace** > ***Trace 8-15*** > и щелкните небольшую кнопку **Trace 8-15** слева (пример: нажмите небольшую кнопку Trace 9 слева, и график 9 будет деактивирован, когда его зеленая окраска исчезнет).
3. Для графиков с другими номерами нажмите **Trace** > ***Trace Setup*** > **Delete Trace**, затем выберите номер графика.

С помощью мыши

1. Щелкните правой кнопкой мыши по ярлыку Trace Status над зеленым полем, затем нажмите Delete Trace.

Команды программирования

Перемещение графика в другое окно

Можно ПЕРЕТАЩИТЬ график из одного окна в другое или...

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки

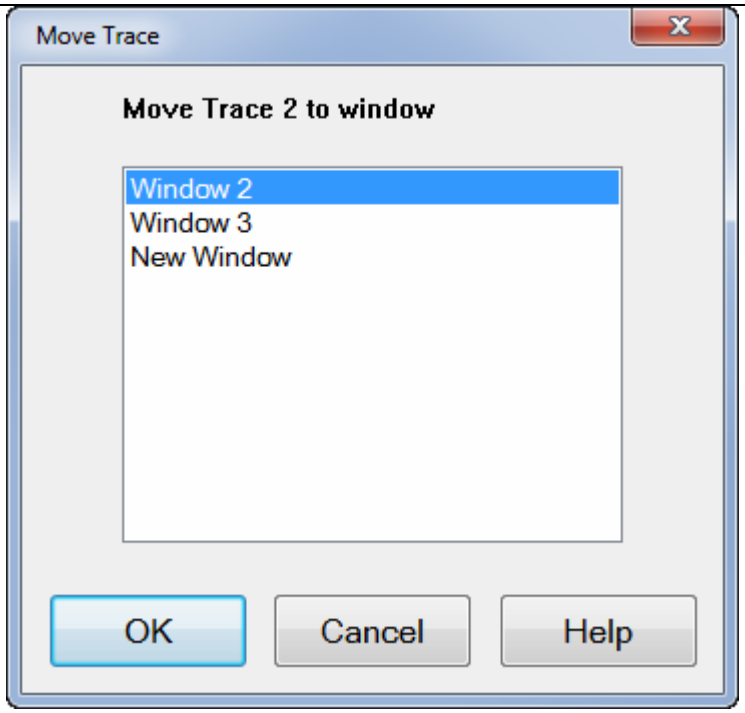
1. Нажмите **Trace** > ***Trace Setup*** > **Move Trace...**
2. Выберите номер окна в появившемся диалоговом окне и нажмите OK.

С помощью мыши

1. Щелкните правой кнопкой мыши по ярлыку Trace Status над зеленым полем, затем нажмите Move Trace...
2. Выберите номер окна в появившемся диалоговом окне и нажмите **OK**.

Команды программирования

Справка диалогового окна Move Trace



Примечание. Графики можно перемещать только по одному.

1. Щелкните по ярлыку Trace Status, чтобы выбрать график для перемещения.
2. Move Trace N to window: перемещает выбранный график в любое указанное окно или в новое окно.

Trace Max

Максимальное увеличение активного графика — на дисплее виден ТОЛЬКО активный график. Все остальные графики при этом скрыты.

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки

1. Нажмите **Trace** > ***Trace Setup*** > **Trace Maximize (ON)**. При включенной функции Trace Max (ON) выберите другой график, чтобы сделать его видимым.
2. Чтобы вновь сделать видимыми все графики, выберите **Trace Maximize (OFF)**.

С помощью мыши

1. Щелкните правой кнопкой мыши по ярлыку Trace Status над зеленым полем, затем нажмите **Trace Maximize**.
2. Дважды щелкните по активному графику, чтобы все графики стали видимыми снова.

Команды программирования

Удержание графика

Удержание активного графика в точке максимума или минимума.	
С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки 1. **Trace** > ***Trace Setup*** > **Trace Hold > OFF | Max | Min**. 2. При нажатии **Restart** график перезагружается.	С помощью мыши Нет
Команды программирования	

Удержание графика в точке максимума/минимума может применяться с несколькими условиями:

- Функция применима к любому графику данных, но НЕ к графику в памяти.
- При изменении испытательного сигнала или любых настроек последующей обработки данных данные удержания графика сбрасываются. В число таких настроек входят:
    - Включение/выключение сглаживания.
    - Апертура сглаживания.
    - Включение/выключение стробирования.
    - Включение/выключение преобразования.
    - Изменение состояния или типа преобразования.
    - Изменение функции математической обработки данных (данные/память).
    - Изменение состояния редактора формул, изменение формулы.
    - Изменение параметра.
    - Изменение форматирования.
- Выполнение сравнения минимума/максимума между отформатированными данными. Для форматов Smith и Polar используются абсолютные данные, а не фазы.
- Можно вызвать данные удерживаемого графика.
- Форматы файлов сохранения данных
    - SnP НЕ сохраняет данные удержания графика
    - Citifile, CSV, MDF, PRN СОХРАНЯЮТ данные удержания графика

Примечание. Citifiles можно открывать и посматривать в VNA.

- Используйте команды SCPI для получения данных удержания графика. Если функция удержания графика активна, то данные, возвращаемые от удаленных интерфейсов, будут данными удержания графика.

Каналы

Каналы содержат графики. Анализатор может иметь до 500 независимых каналов.

Настройки каналов определяют, как измеряются данные графиков. Все графики, сопоставленные одному и тому же каналу, имеют одинаковые настройки каналов. Для изменения настроек канала его необходимо выбрать (активировать). Чтобы выбрать канал, нажмите кнопку Trace Status для графика в этом канале. Предусмотрены следующие настройки каналов:

- Диапазон частот
- Уровень мощности
- Калибровка модуля
- Полоса ПЧ
- Количество точек
- Настройки развертки
- Усреднение
- Триггер (некоторые настройки являются глобальными)

Управление каналами

Выбор канала

Прежде чем изменять настройки канала, его необходимо выбрать (сделать активным).

Чтобы активировать канал, выберите график в этом канале или нажмите на кнопку Trace Status в этом канале.

Добавление канала

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/ программной кнопки	С помощью мыши
1. Нажмите **Channel** > ***Channel 1-8*** > нажмите небольшую кнопку **Channel 1-8** слева (пример: нажмите небольшую кнопку Channel 1 слева, и канал 1 станет активным и будет окрашен в зеленый цвет; таким образом будет добавлен канал 1). 2. Для каналов с другими номерами нажмите **Channel** > ***Channel Setup*** > **Add Channel**, затем выберите **New Trace + Channel** («Новый график + канал») или **New Trace + Channel + Window** («Новый график + канал + окно»).	Нет
Команды программирования для этой функции отсутствуют.	

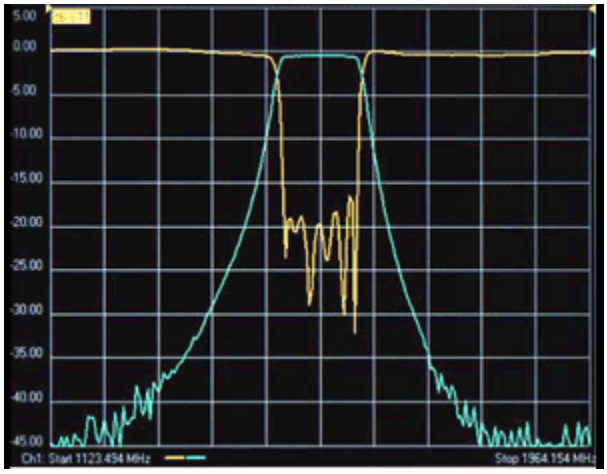
Удаление канала	
С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки 1. Нажмите **Channel** > ***Channel 1-8*** > нажмите небольшую кнопку **Channel 1-8** слева (пример: нажмите небольшую кнопку Channel 1 слева, и канал 1 будет деактивирован, когда его зеленая окраска исчезнет). 2. Для каналов с другими номерами нажмите **Channel** > ***Channel Setup*** > **Delete Channel**, затем выберите канал.	С помощью мыши Нет
Команды программирования	

Окна

Окна предназначены для просмотра графиков.

- Анализатор может отображать на экране НЕОГРАНИЧЕННОЕ количество окон со следующими ограничениями:
  - Свойство COM MaximumNumberOfWindows возвращает 1000 («неограниченное» не является числом).
  - Реестр состояния SCPI может отслеживать состояние до 576 графиков.
- Каждое окно может содержать до 24 графиков.
- Окна полностью независимы от каналов.
- Сведения об изменении других настроек окон см. в разделе «Настройка экрана анализатора».

Ниже показано окно с двумя графиками. Оба графика используют настройки канала 1, что указано в примечании в нижней части окна.



Номер окна указан в нижнем левом углу окна. Ниже показано окно 5.

Управление окнами

Добавление окна

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки

1. Нажмите **Display** > ***Window 1-8*** > нажмите небольшую кнопку **Channel 1-8** слева (пример: нажмите небольшую кнопку Window 1 слева, и окно 1 станет активным и будет окрашено в зеленый цвет; таким образом будет добавлено окно 1).
2. Для других окон нажмите **Display** > ***Window Setup*** > **Add Window**, затем выберите **New Window** («Новое окно»), **New Trace + Window** («Новый график + окно») или **New Trace + Channel + Window** («Новый график + канал + окно»).

С помощью мыши

1. Щелкните правой кнопкой мыши в любом месте координатной сетки и выберите **New Window**.

Команды программирования

Удаление окна

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки

1. Нажмите **Display** > ***Window 1-8*** > нажмите небольшую кнопку **Channel 1-8** слева (пример: нажмите небольшую кнопку Window 1 слева, и окно 1 будет деактивировано, когда его зеленая окраска исчезнет).
2. Для других окон нажмите **Display** > ***Window Setup*** > **Delete Window**, затем выберите окно.

С помощью мыши

1. Щелкните правой кнопкой мыши в любом месте координатной сетки и выберите **Close Window**.

Команды программирования

Перемещение окна на другой лист

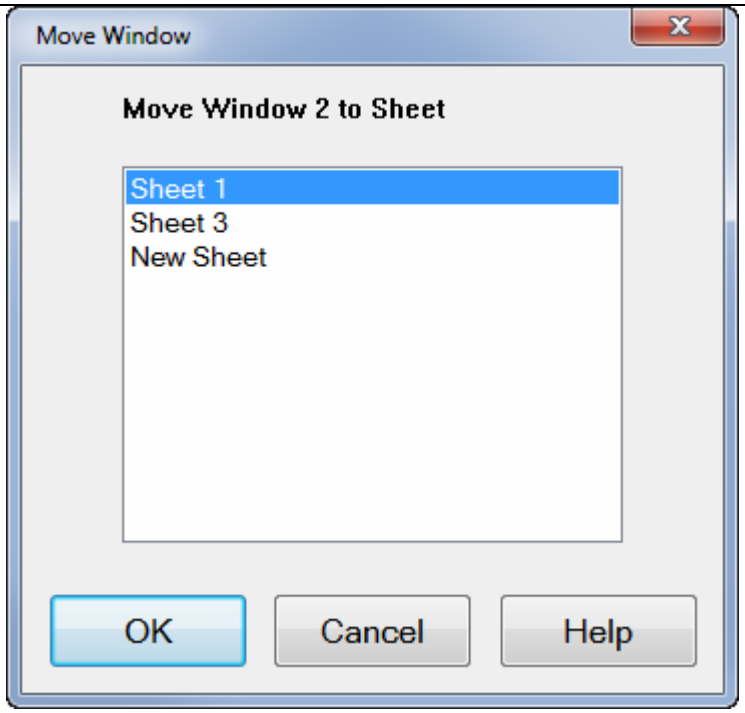
Примечание. Данная функция отсутствует у M948xA и E5080A.

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки

1. Выберите окно для перемещения.
2. Нажмите **Display** > ***Window Setup*** > **Move Window...**
3. Выберите номер листа в появившемся диалоговом окне и нажмите OK.

Команды программирования

Справка диалогового окна Move Window



Примечание. Окна можно перемещать только по одному.

1. Move Window N to Sheet N: перенос выбранного окна на любой указанный или новый лист.

Изменение расположения окон

Примечание. Данная функция отсутствует у M948xA и E5080A.

Эта функция быстрого расположения окон ускоряет выбор по сравнению с раздельным выбором графиков, каналов, окон и листов. Предусмотрено 7 вариантов автоматического расположения.

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки

1. Нажмите **Display** > ***Window Setup*** > **Window Layout**.
2. Выберите **1 Window («1 окно»), 2 Windows («2 окна), 3 Windows («3 окна), 4 Windows («4 окна), 1 Trace per Window («1 график на окно»), 1 Channel per Window («1 канал на окно»)** или **Tile Windows («Расположить окна каскадом»)**.

Команды программирования

Максимальное увеличение активного окна — на дисплее видно ТОЛЬКО активное окно. Все остальные окна при этом скрыты.

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/ программной кнопки	С помощью мыши

1. Нажмите **Display** > ***Window Setup*** > **Window Max (ON)**. При включенной функции Window Max (ON) выберите другое окно, чтобы сделать его видимым. 2. Чтобы вновь сделать видимыми все окна, выберите **Window Max (OFF)**.	1. Щелкните правой кнопкой мыши в любом месте координатной сетки и выберите Maximize.
Команды программирования	

Лист

Листы предназначены для группировки окон VNA. Вкладки листов — это простой способ быстрого переключения нескольких настроек дисплея.

Функции и действия, выполняемые с листами, имеющими вкладки:

- Добавить/удалить/выбрать лист
- Переместить окно на лист
- Измерения можно проводить по графикам/каналам на неактивных листах
- Простота настройки каналов для окон
- Простота настройки каналов для листов

Управление листами

Добавление листа	
С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/ программной кнопки 1. Нажмите **Display** > ***Sheet Setup*** > **Add Sheet**. 2. Затем выберите **New Sheet** («Новый лист»), **New Trace + Sheet** («Новый график + лист») или **New Trace + Channel + Sheet** («Новый график + канал + лист»).	С помощью мыши 1. Нажмите на вкладку листа.
Команды программирования	

Удаление листа	
С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/ программной кнопки 1. Нажмите **Display** > ***Sheet Setup*** > **Delete Sheet**. 2. Затем выберите лист.	С помощью мыши 1. Нажмите на вкладку листа.
Команды программирования	

Просмотр листа

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки

1. Нажмите **Display** > ***Sheet Setup*** > **Select**.
2. Затем выберите лист.

С помощью мыши

1. Нажмите на вкладку листа.

Команды программирования

Изменение заголовка листа

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки

1. Нажмите **Display** > ***Sheet Setup*** > **Sheet Title...**
2. В появившемся диалоговом окне Sheet title введите заголовок и нажмите OK.

Команды программирования

Изменение расположения листов

Эта функция быстрого расположения листов ускоряет выбор по сравнению с раздельным выбором графиков, каналов, окон и листов. Предусмотрено 4 варианта автоматического расположения.

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки

1. Нажмите **Display** > ***Sheet Setup*** > **Sheet Layout**.
2. Выберите **1 Sheet («1 лист»)**, **1 Trace per Sheet («1 график на лист»)**, **1 Channel per Sheet («1 канал на лист»)** или **1 Window per Sheet («1 окно на лист»)**.

Команды программирования

Диалоговое окно QuickStart (Быстрый запуск)

Быстрый запуск (QuickStart) — это простой мастер, помогающий выполнить настройки для типовых измерений. Данная функция позволяет пользователю выбрать одну из предварительно заданных конфигураций измерений.

Как открыть диалоговое окно QuickStart

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки

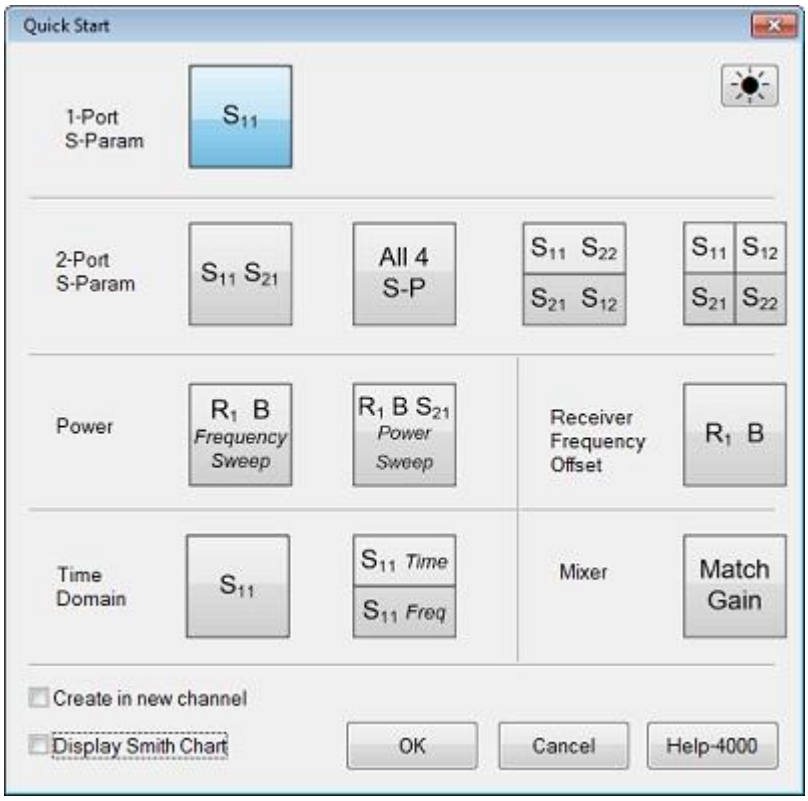
1. Нажмите **Setup** > ***Main*** > **Quick Start...**

Команды программирования

Измерение включает в себя следующие ТРИ шага.

Шаг 1. Шаблоны схемы измерений

Вы можете выбрать шаблон схемы для типовых измерений.



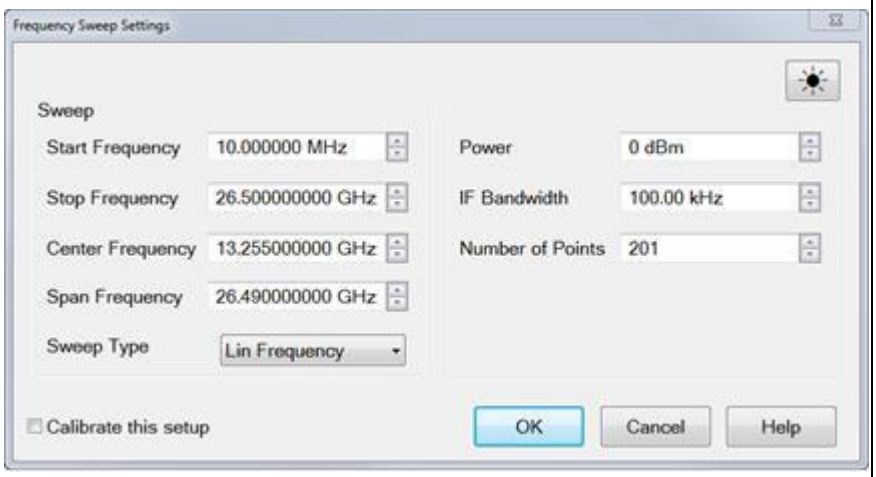
☑ Если поставлен флажок для Create in new channel (Создать в новом канале), будут созданы новый канал и окно (окна).

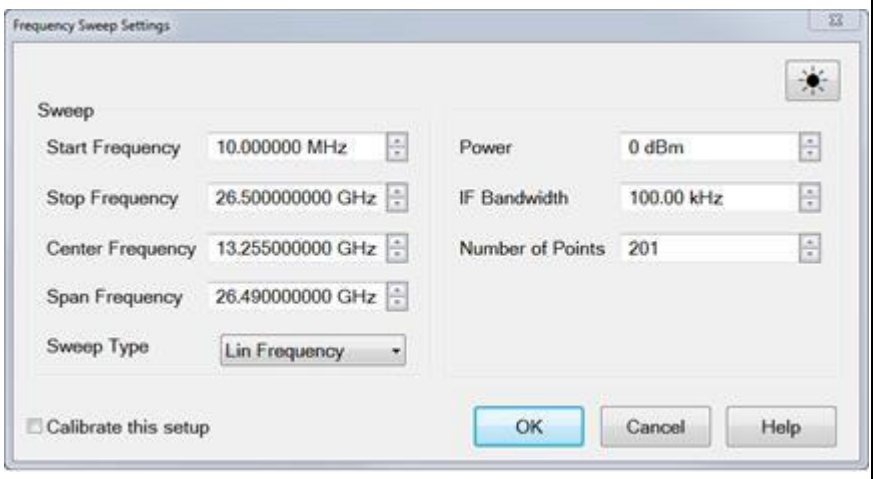
☐ Если флажок для Create in new channel не поставлен, то после выбора шаблона для новых измерений будет использоваться активный канал. Если активный график отображается в окне с графиками от других каналов, то данный график удаляется, и открывается новое окно для новых измерений.

- ☑ **Если поставлен флажок для** Display Smith Chart (Показать диаграмму Смита)**, активный график в окне будет преобразован в диаграмму Смита.**
- ☐ Если флажок для Display Smith Chart не поставлен, активный график в окне не изменяется.

Шаг 2. Диалоговые окна настройки испытательного сигнала

Данный шаг используется для задания испытательного сигнала для выполняемых измерений.

S-параметры Требуемая опция: нет	Создает измерения S11 и S21 в одном канале и окне.  Ввод: • Начальная/конечная частота • Центральная частота • Частота диапазона • Тип развертки: Линейная или логарифмическая частота • Мощность • Полоса ПЧ • Количество точек Подробнее об измерениях S-параметров.
Дифференциальные измерения (сбалансированные) Требуемая опция: нет	Создает измерения Sdd11 и Sdd21 в одном канале и окне.



Ввод:

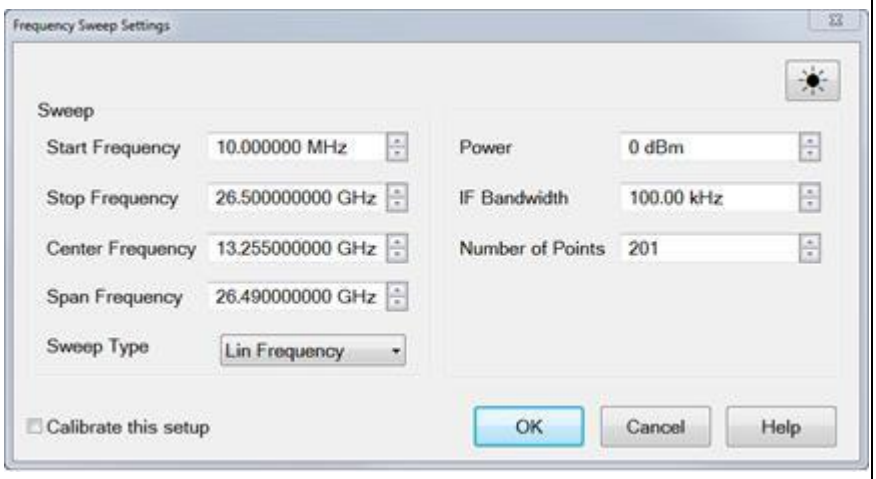
- Начальная/конечная частота
- Центральная частота
- Частота диапазона
- Тип развертки: Линейная или логарифмическая частота
- Мощность
- Полоса ПЧ
- Количество точек

Мощность

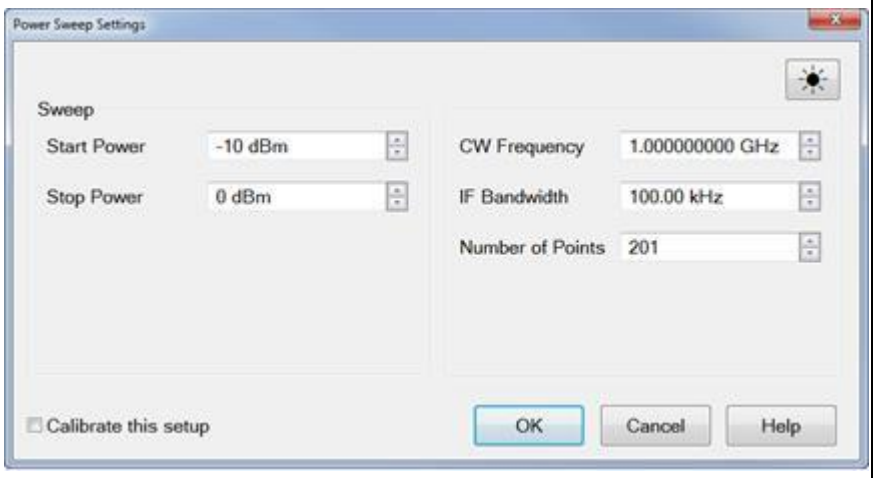
Частотная развертка

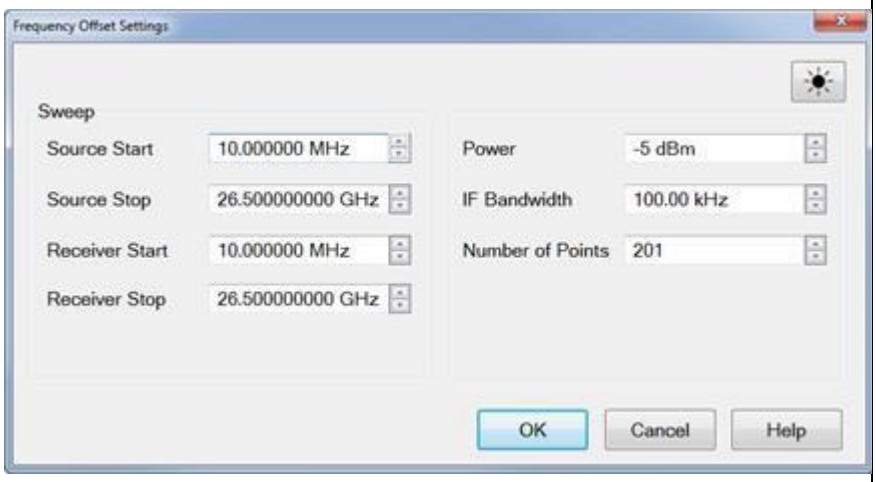
Требуемая опция: нет

Создает измерения приемника R1 и B в одном канале и окне. Это позволяет просматривать входную (R1) и выходную (B) мощность тестируемого устройства.



Ввод:

	• Начальная/конечная частота • Центральная частота • Частота диапазона • Тип развертки: Линейная или логарифмическая частота • Мощность • Полоса ПЧ • Количество точек
Мощность Развертка мощности Требуемая опция: нет	Создает развертку мощности с одновременным представлением измерений R1, B и S21 в одном канале и окне. Это позволяет просматривать входную (R1) и выходную (B) мощность тестируемого устройства, а также коэффициент усиления тестируемого устройства (S21).  Ввод: • Начальная/конечная мощность • Частота непрерывной волны • Полоса ПЧ • Количество точек
Смещение частоты приемника Требуемая опция: S93080A	Создает измерение смещения частоты при просмотре R1 и B приемников в одном канале и окне.



Ввод:

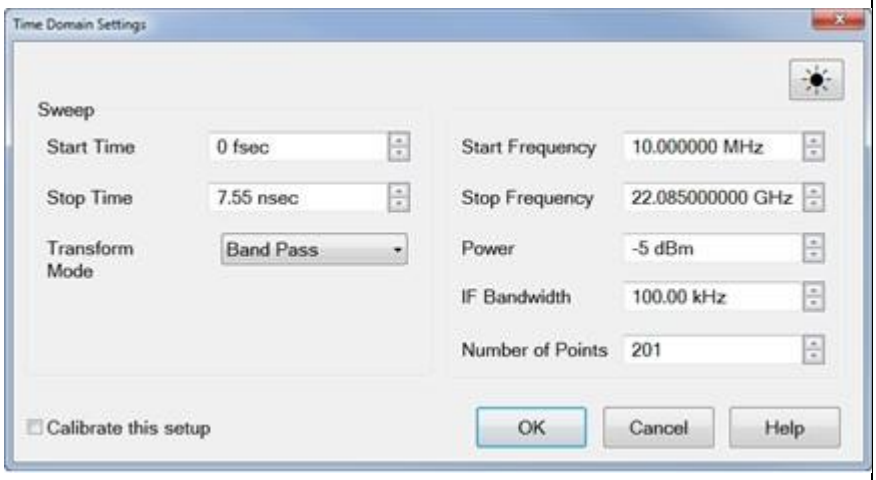
- Начало диапазона источника
- Конец диапазона источника
- Начало диапазона приемника
- Конец диапазона приемника
- Уровень мощности
- Полоса ПЧ
- Количество точек

Подробнее об измерении смещения частоты.

Временная область

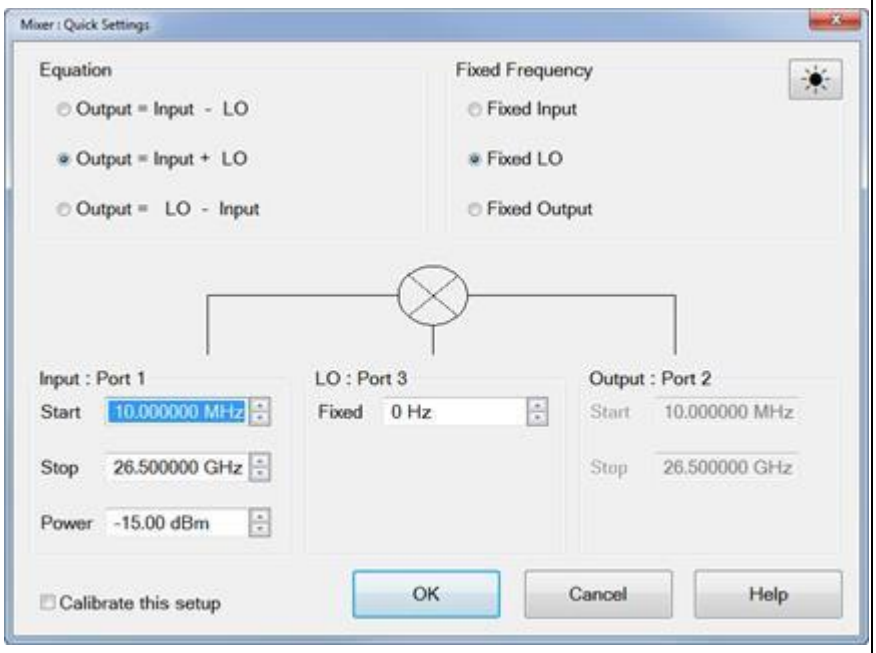
Требуемая опция: S93010A

Создает измерение S11 и активирует временную область.



Ввод:

- Начальное/конечное время
- Режим преобразования (в диалоговом окне Time Domain Settings (Настройки временной области) происходит автоматический выбор начальной частоты, если выбран режим преобразования НЧ-фильтра).

	• Начальная/конечная частота • Мощность • Полоса ПЧ • Количество точек
Смеситель Требуемая опция: S93082A/S93083 A	Если на шаге 1 будет выбрано любое из измерений SMC, появится диалоговое окно Mixer Quick Settings (Быстрая настройка смесителя).  Ввод: 1. Уравнение: выходная частота = входная частота – LO, выходная частота = входная частота + LO, выходная частота = LO – входная частота. 2. Входная частота, частота гетеродина (LO), выходная частота и конфигурация. Подробнее об измерениях SMC

Шаг 3. Диалоговое окно Cal Wizard (Мастер калибровки) (опция)

☑ **Если для** Calibrate this setup **(Калибровать эту настройку) поставлен флажок, появится диалоговое окно мастера калибровки, после того как диалоговое окно настроек испытательного сигнала будет убрано нажатием кнопки OK.**

☐ Если для Calibrate this setup флажок не поставлен, диалоговое окно мастера калибровки НЕ появится.

Основная последовательность измерений

Для настройки всех измерений анализатора может использоваться следующий процесс:

Шаг 1. Настройка измерений

Перезагрузка анализатора, создание состояния измерения и настройка дисплея.

Шаг 2. Оптимизация измерений

Повышение точности и производительности измерений за счет различных методик и функций.

Шаг 3. Калибровка измерений

Снижение погрешности измерений путем калибровки.

Шаг 4. Анализ данных

Анализ результатов измерений с использованием маркеров, математических операций и предельных испытаний.

Шаг 5. Печать, сохранение и вызов данных

Сохранение или печать результатов измерений.

Предпочтения

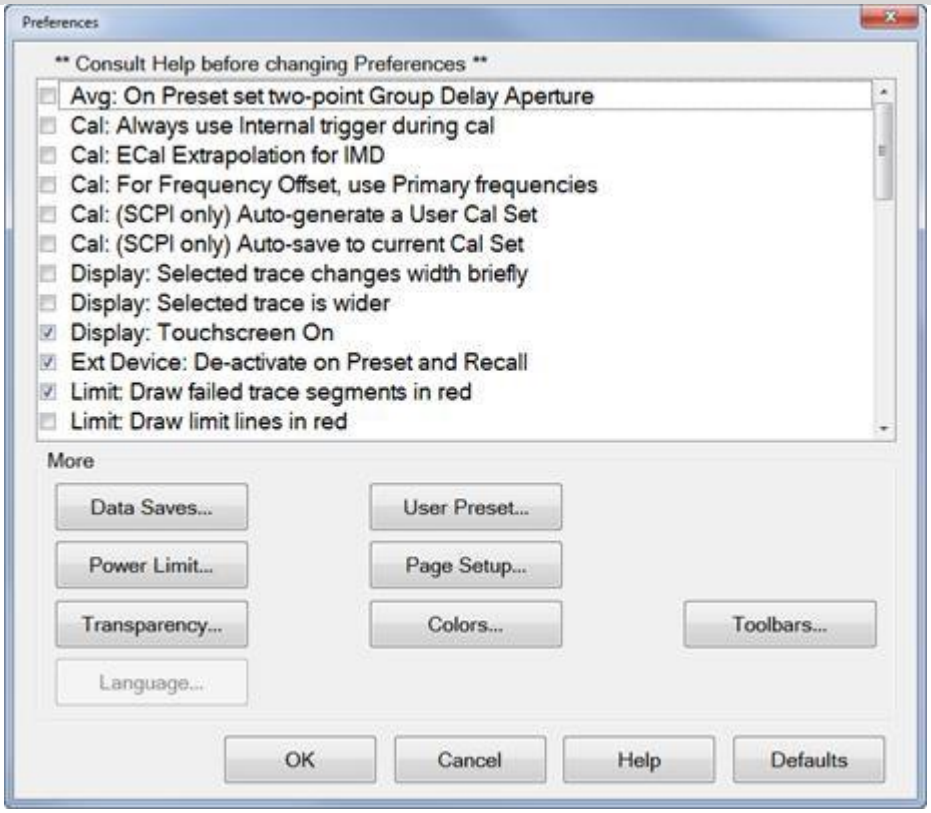
Предпочтения — это настройки, которые сохраняются при применении предварительной настройки и выключении. Предпочтения перечислены на этой странице вместе со ссылками на разделы, содержащие более подробную информацию.

Задание предпочтений

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/ программной кнопки	С помощью мыши
1. Нажмите **System** > ***System Setup*** > ***Preferences...***	1. Щелкните Utility. 2. Выберите System. 3. Выберите System Setup. 4. Выберите Preferences.

Команды программирования

Справка диалогового окна Preferences (Предпочтения)



Предпочтения сохраняются при применении предварительной настройки и выключении.

1. Настройка измерений

Применение предварительной настройки к VNA

При применении предварительной настройки анализатор переходит в известное, или предварительно заданное, состояние. Вы можете использовать заводские предварительные настройки или создать собственные (пользовательские) предварительные настройки.

- Предварительные настройки по умолчанию
- Пользовательские предварительные настройки

Предварительные настройки по умолчанию

Порядок применения предварительной настройки к анализатору

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки

1. Нажмите **Preset** > ***Main*** > **Preset**.

Если **подтверждение предварительной настройки** отключено:

1. Нажмите **Preset**.

Совет: Нажмите кнопку **Preset**, чтобы запустить приложение VNA, если оно не было запущено ранее.

Команды программирования

Пользовательские предварительные настройки

К анализатор можно **применить** либо **заводские настройки по умолчанию**, либо **пользовательские предварительные настройки**.

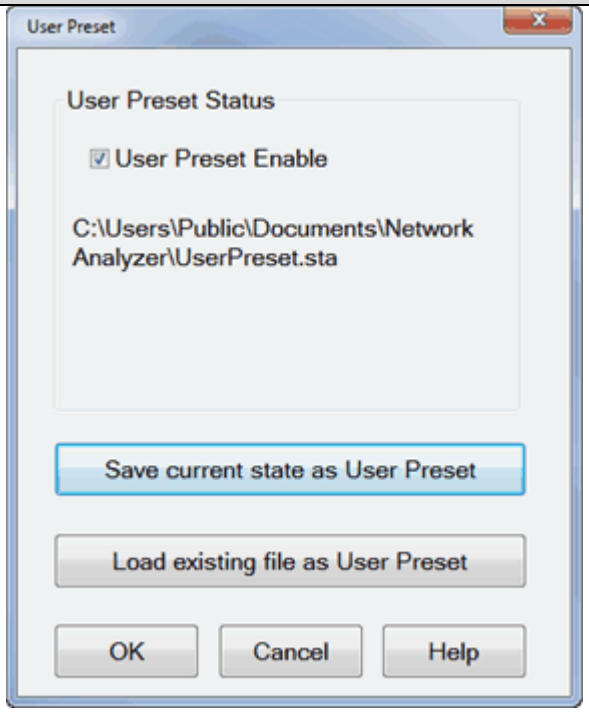
Как задать пользовательские предварительные настройки

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки

1. Нажмите **Preset** > ***Main*** > **User Preset**.

Команды программирования

Справка диалогового окна **User Preset (Пользовательские предварительные настройки)**



Если пользовательские предварительные настройки сохранены и активированы, то при применении к VNA предварительной настройки будут вызваны пользовательские предварительные настройки, а не заводские настройки по умолчанию. Данные калибровки НЕ вызываются при применении пользовательских предварительных настроек. Подробнее о настройках состояний прибора.

Активация пользовательских предварительных настроек
Флажок установлен: при нажатии кнопки Preset к VNA применяются **пользовательские предварительные настройки**. Флажок не установлен: при нажатии кнопки Preset к VNA применяются **настройки по умолчанию**.

Save current state as User Preset (Сохранить текущее состояние в качестве пользовательской предварительной настройки): нажмите, чтобы сохранить текущее состояние прибора в качестве пользовательской предварительной настройки. Файл будет сохранен в каталоге: c:\users\public\documents\network analyzer\UserPreset.sta.

Load existing file as User Preset (Загрузить существующий файл с пользовательской предварительной настройкой): нажмите, чтобы вызвать состояние прибора для применения в качестве пользовательской предварительной настройки.

Классы измерений

Классы измерений — это категории измерений, которые могут присутствовать одновременно в одном канале.

- Что такое классы измерений
- Как назначить класс измерений каналу
- Справка диалогового окна Measurement Class (Класс измерений)

Что такое классы измерений

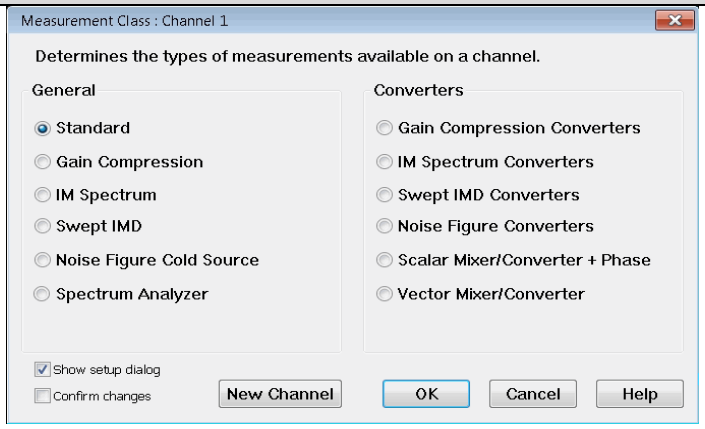
В диалоговом окне, показанном ниже, отображаются классы измерений, доступные для VNA в текущей версии. В пределах каждого из этих классов имеется ряд измерений.

Классы измерений — это категории измерений, которые могут присутствовать одновременно в одном канале. Измерение из одного класса НЕ может находиться в одном канале вместе с измерением, относящимся к другому классу. Например, измерение уровня шума НЕ может находиться в одном канале со скалярными измерениями смесителя.

Войти в диалоговое окно Measurement Class можно следующими способами:

Как назначить класс измерений каналу	
С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/ программной кнопки 1. Нажмите **Meas** > ***S-Param*** > **Meas Class...**	С помощью мыши 1. Щелкните Instrument. 2. Выберите Meas Class...
Команды программирования	

Справка диалогового окна Measurement Class (Класс измерений)



В диалоговом окне Measurement Class отображаются классы, поддерживаемые вашим устройством. Поддерживаемые классы зависят от типа продукта и установленных опций. В вышеприведенном диалоговом окне показан пример PNA.

Измерения, относящиеся к определенному классу измерений, не могут быть в одном канале с измерениями, относящимися к другому классу.

Выберите класс измерений для активного канала или нового канала измерений.

- Класс измерений Standard (Стандартный) содержит S-параметры, параметры сбалансированных измерений и измерения приемника.
- Все прочие классы измерений в целом называются **Applications (Приложения)**.

Заголовок окна: указывает на активный канал, которому будет назначен класс измерений.

Show setup dialog (Показать диалог настройки):

- поставьте флажок, чтобы запустить диалог для выбранного класса измерений;
- уберите флажок (настройка по умолчанию), чтобы не запускать диалог для выбранного класса измерений. Данная настройка сохраняется при применении предварительных настроек и выключении VNA.

Confirm changes (Подтвердите изменения):

- поставьте флажок (настройка по умолчанию), чтобы запустить диалог подтверждения изменений класса измерений;
- снимите флажок, чтобы действие «согласие» выполнялось без подтверждения. Данная настройка сохраняется при применении предварительных настроек и выключении VNA.

New Channel (Новый канал): щелкните, чтобы создать класс измерений в новом канале и в новом окне. Измерение по умолчанию для данного класса создается в канале.

Чтобы сменить измерение, щелкните Trace (График) и затем выберите новое измерение.

Измеряемые параметры

Данная тема содержит следующие разделы:

- S-параметры (предварительно выбранные соотношения)
- С установленным соотношением (выбрать собственное соотношение)
- Мощность без соотношений (абсолютная мощность)
- Выбор измеряемого параметра
- Дополнительно

S-параметры

S-параметры (параметры рассеяния) используются для описания того, каким образом изменяется сигнал в устройстве. Для двухпортовых устройств существует четыре S-параметра. Синтаксис каждого параметра выглядит следующим образом:

S out - in

out — номер порта анализатора, на котором измеряется выходной сигнал устройства (приемник)

in — номер порта анализатора, с которого подается сигнал (прямой) на устройство (источник)

Наводите курсор мыши на каждый из S-параметров, чтобы просмотреть поток сигналов:

Для двухпортовых устройств:

- когда сигнал от источника поступает на порт 1, измерение считается происходящим в прямом направлении;
- когда сигнал от источника поступает на порт 2, измерение считается происходящим в обратном направлении.

Анализатор автоматически переключает источник и приемник, чтобы проводить прямые и обратные измерения. Поэтому анализатор может измерять все четыре S-параметра двухпортового устройства с одним подключением.

См. блок-схему (включая приемники) вашего VNA.

Общие измерения с использованием S-параметров

Измерения отраженного сигнала (S11 и S22)	Измерения передачи (S21 и S12)
• Потери на отражение	• Вносимые потери
• Коэффициент стоячей волны (SWR)	• Коэффициент передачи
• Коэффициент отражения	• Усиление/потери
• Импеданс	• Групповая задержка
• S_{11}, S_{22}	• Отклонение от линейной фазовой характеристики
	• Электрическая задержка
	• S_{21}, S_{12}

Измерения приемника

У всех моделей анализаторов имеются приемники измерительных портов и опорные приемники. См. блок-схему своего VNA.

Для моделей с 4 портами...

- R1, R2, R3 и R4 — опорные приемники. Они измеряют сигнал таким, как он выходит из источника анализатора.
    - R1 измеряет сигнал на выходе порта 1
    - ...
    - R4 измеряет сигнал на выходе порта 4
- A, B, C и D — приемники измерительных портов. Они измеряют сигналы, исходящие (или отраженные) от тестируемого устройства.
    - A измеряет сигнал, поступающий на порт 1 VNA
    - B измеряет сигнал, поступающий на порт 2 VNA
    - C измеряет сигнал, поступающий на порт 3 VNA
    - D измеряет сигнал, поступающий на порт 4 VNA

Модели, имеющие более 4 портов, должны назначать приемники с использованием логической схемы приемников.
Подробнее.

Измерения с установленным соотношением

Измерения с установленным соотношением позволяют выбирать собственные соотношения для любых двух приемников, имеющихся в анализаторе. S-параметры фактически являются предварительно заданными измерениями с установленным соотношением. Например, S11 — это A/R1.

Наиболее распространенные применения измерений с заданным соотношением:

- **Сравнение фазы между двумя путями прохождения сигнала в устройстве. Примером может служить простое устройство, например делитель мощности, или более сложное, такое как двухканальный приемник.**
- **Измерения, требующие большего динамического диапазона, чем обеспечивает анализатор с помощью S-параметров.**

Ваш VNA МОЖЕТ иметь кабельные перемычки на передней панели, идущие непосредственно к измерительным приемникам.

Измерения мощности без соотношений (абсолютная мощность)

Параметр мощности без соотношений позволяет определить абсолютную мощность, поступающую к любому из приемников, имеющихся у анализатора.

Опорные приемники внутренне настроены на измерение мощности источника на определенном порту анализатора. Если не снять перемычки на передней панели и не подать сигнал непосредственно на приемник, то при измерении абсолютной мощности на опорном приемнике с использованием другого порта источника будет получен очень низкий результат измерений. Примером может служить измерение R1 с использованием порта 2 в качестве источника.

- Измерение фазы с использованием одного приемника дает результаты, не имеющие смысла. Измерение фазы должно представлять собой сравнение двух сигналов.
- Усреднение параметров без соотношений рассчитывается иначе, чем для параметров с соотношениями. Подробнее.
- Для калибровки параметров приемника (мощности) с соотношениями и без рекомендуется использовать метод направленной калибровки мощности. Также может применяться ненаправленная калибровка ответного сигнала для калибровки параметров с соотношениями и без по одному параметру за раз.

Справка диалогового окна New / Change Measurement (Новое измерение / сменить измерение)

Примечание. Единственными доступными измерениями являются те, которые входят в класс измерений, назначенный в текущий момент активному каналу. Прочие измерения НЕ совместимы.

Чтобы создать другое измерение, необходимо сначала назначить соответствующий класс измерений новому или существующему каналу. Как это сделать.

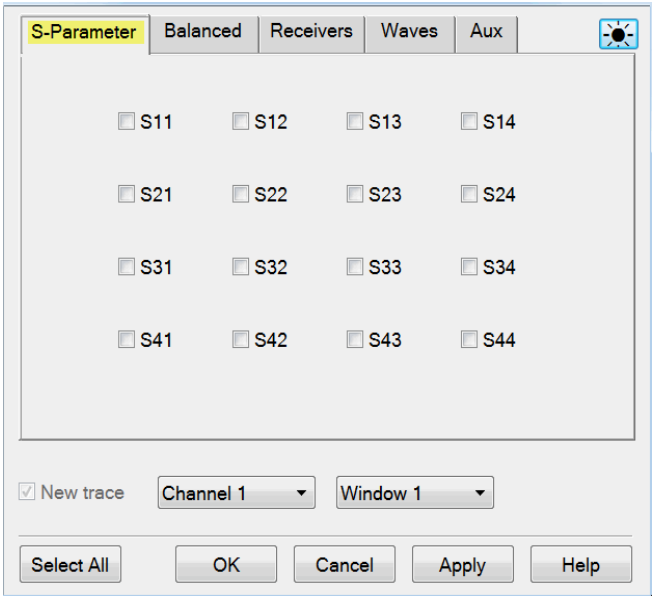
Нажмите на вкладку, чтобы создать или изменить измерения.

1. При создании НОВЫХ измерений можно выбрать несколько измерений.
2. При изменении СУЩЕСТВУЮЩИХ измерений можно выбрать ТОЛЬКО одно измерение.

Вкладки

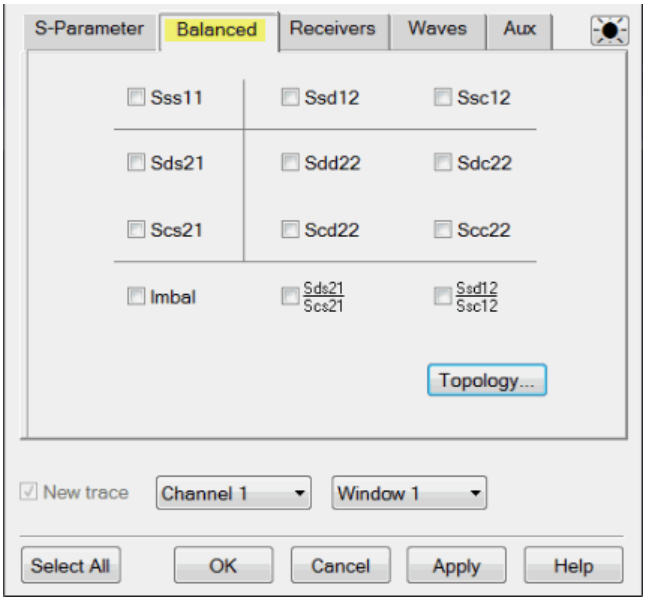
S-Parameter (S-параметр): выбор измерений с установленным соотношением. Подробнее об S-параметрах.

Для настройки 4 и менее портов

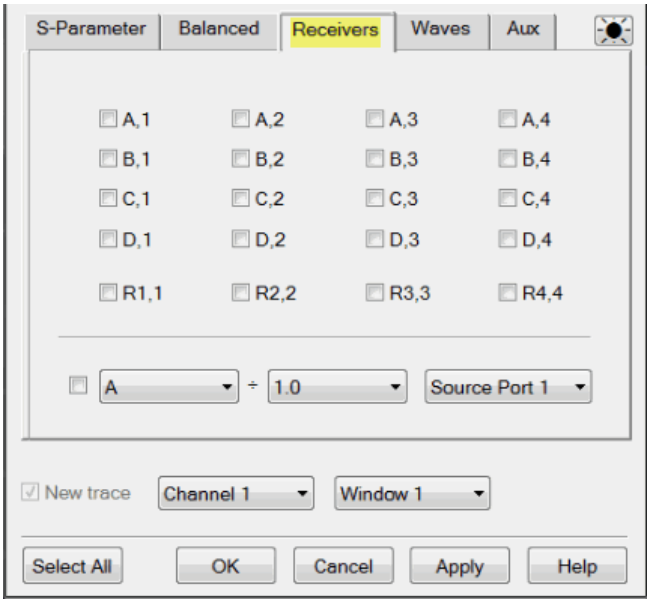


Balanced (Сбалансированные измерения): выбор сбалансированных измерений.

Topology (Топология): при нажатии вызывается диалоговое окно Balanced DUT Topology / Logical Port mappings (Сбалансированная топология тестируемого устройства / логическое распределение портов).



Receivers (Приемники): выбор приемников для измерений с соотношениями либо без (абсолютной мощности). Подробнее об измерениях на приемниках.



Ratioed (С соотношением): поставьте этот флажок для выбора параметров и создания измерения. С помощью селектора приемников в нижней части окна могут быть заданы соотношения. Выберите один приемник из числителя, второй из знаменателя и затем выберите порт источника для измерений.

Порт источника ВСЕГДА интерпретируется как логический номер порта. Для удобства таблица заполнена наиболее распространенными вариантами выбора.

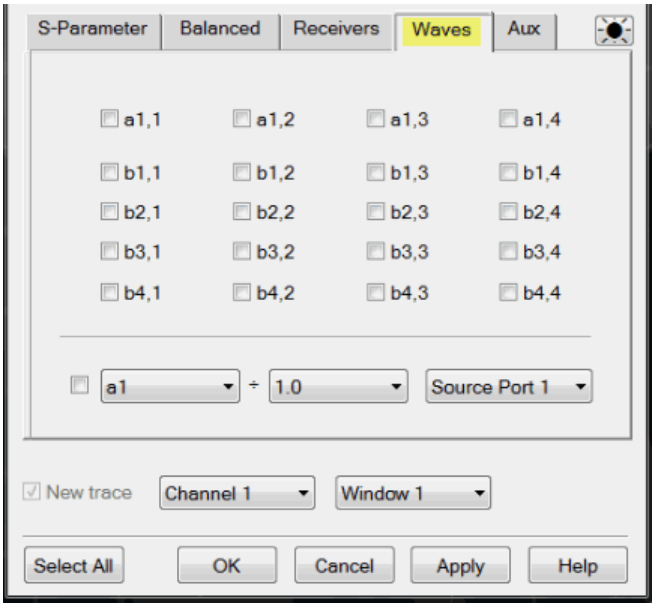
Select All (Выбрать все): выбирает только показанные параметры, не выбирает флажок селектора приемника в нижней части.

- Подробнее об измерениях с соотношениями.

Unratioed (Без соотношений): то же, что с соотношениями, но в качестве знаменателя используется 1.

- Подробнее об измерениях без соотношений.
- См. блок-схему приемников СВОЕГО VNA.
- В качестве измерительных приемников могут использоваться встроенные АЦП (аналого-цифровые преобразователи).

Waves (Волны): выбор номенклатуры приемников для измерений с соотношениями и без.



Поставьте этот флажок для выбора параметров и создания измерения. С помощью селектора волн в нижней части окна могут быть заданы соотношения.

Select All (Выбрать все): выбирает только показанные параметры, не выбирает флажок селектора волн в нижней части.

Номенклатура приемников

Для выбора приемников также может использоваться их логическая номенклатура. Стиль номенклатуры 8510 облегчает работу с многопортовыми приемниками.

- aN — **опорный приемник для логического порта N**
- bN — **приемник измерительного порта для логического порта N**

Пример:

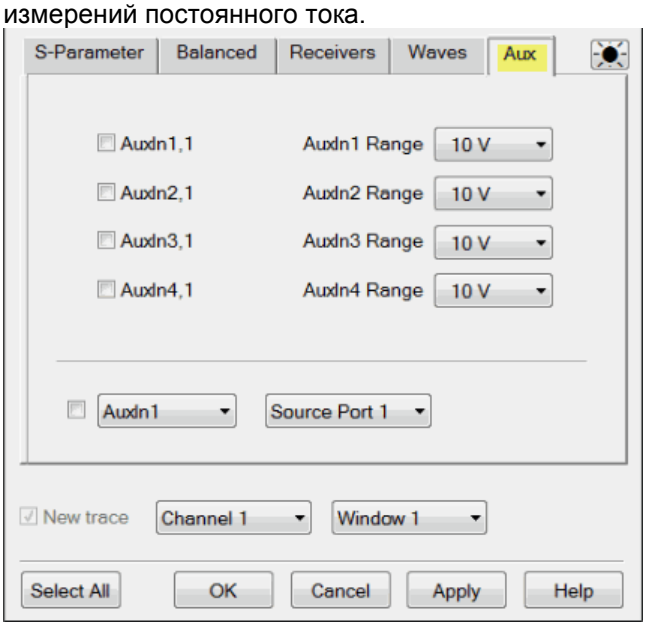
- Для измерений с соотношениями: b12/a1 означает приемник логического измерительного порта 12 / опорный приемник логического порта 1
- Для измерений без соотношений: b10 означает приемник логического измерительного порта 10 Стиль номенклатуры VNA (A, B, R1 и т. д.) по-прежнему может использоваться для обозначения физических приемников менее чем на 4 портах. Подробнее.

Однако при измерениях с соотношениями для обозначения обоих приемников НЕОБХОДИМО использовать одну номенклатуру: либо номенклатуру физических приемников (A, R1), либо номенклатуру логических приемников (aN, bN). Например, НЕ допускается следующая смешанная номенклатура: A/b3 и a5/R2.

Программирование

При вводе буквенных обозначений приемников с использованием программных команд номенклатура ни логических, ни физических приемников нечувствительна к регистру.

AUX: выбор входа дополнительного оборудования на задней панели для выполнения измерений постоянного тока.



Поставьте этот флажок для выбора входа дополнительного оборудования и создания измерения. С помощью селектора дополнительных параметров в нижней части окна могут быть заданы дополнительные и прочие параметры, например PMAR и DVM.

Select All (Выбрать все): выбирает только показанные параметры, не выбирает флажок селектора дополнительных параметров в нижней части.

Дополнительный вход

Выбор входа AUX 1 или 2 на задней панели.

- Порт AUX позволяет выполнять измерения на постоянном токе.
- Выберите диапазон постоянного тока 1 или 10 В, нажав **Meas** > ***Auxiliary*** > **AuxIn1 Range** или **AuxIn2 Range**.

Выбор каналов/окон

Данные опции выбора НЕдоступны при изменении СУЩЕСТВУЮЩЕГО измерения. Как изменить измерение.

Channel Number (Номер канала): выбор канала для новых графиков.

Create in New Window (Создать в новом окне):

- поставьте этот флажок, чтобы новые графики создавались в новом окне;
- уберите флажок, чтобы новые графики создавались в активном окне. При достижении предельного количества графиков в окне добавление графиков прекращается.

О параметрах измерения (верхняя часть страницы)

Справка диалогового окна Balanced Source / Topology (Сбалансированный источник / топология)

См. данное диалоговое окно для применения **интегрированного** испытательного сигнала возбуждения в режиме True Mode (iTMSA). Создание или редактирование топологии тестируемого устройства и распределения логических портов.
Логический порт — термин, используемый для описания физического тестового порта анализатора, которому был назначен новый номер. Логические несимметричные порты могут быть назначены логическим сбалансированным портам.

Примечание. Данные опции выбора относятся ко ВСЕМ измерениям в канале.
При изменении топологии устройства все существующие измерения в канале, несовместимые с новой топологией, будут автоматически заменены на совместимые.

Topology (Топология): описывает тестируемое устройство и выбранный способ его тестирования. Многопортовый анализатор способен измерять следующие топологии устройств.

- Сбалансированная/сбалансированная
  (2 логических порта — <4 фактических порта>)
- Несимметричная/сбалансированная
  (2 логических порта — <3 фактических порта>)
- Несимметричная — несимметричная/сбалансированная
  (3 логических порта — <4 фактических порта>)

Эти топологии могут использоваться в обратном (<==) направлении для измерения:

- сбалансированной/несимметричной топологии;
- сбалансированной/несимметричной — несимметричной топологии.

Например, для измерения сбалансированной/несимметричной топологии следует измерить S12 (в обратном направлении) в несимметричной/сбалансированной топологии.

См. также

- Параметры сбалансированных измерений могут быть сохранены в файлах SNP.

Диапазон частот

Диапазон частот — это полоса частот, указываемая для проведения измерений на устройстве.

- Как задать диапазон частот
- Изменение масштаба
- Частоты непрерывной волны
- Разрешение по частоте
- Пересечения диапазонов частот

Как задать диапазон частот

Эти и другие настройки также можно выполнить в диалоговом окне Sweep Type (Тип развертки).

С помощью аппаратной клавиши/ *программной вкладки*/программной кнопки

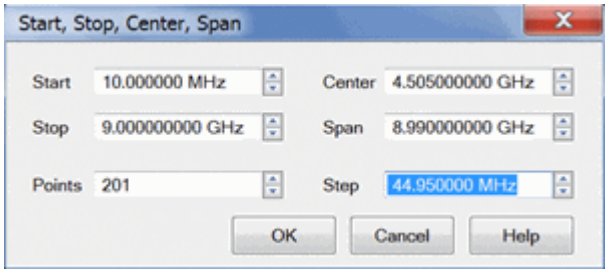
1. Нажмите **Freq** > ***Main*** > **Start, Stop, Center** или **Span**.
2. Введите требуемое значение частоты

С помощью мыши

1. Щелкните правой кнопкой мыши по метке оси X или по области диапазона испытательного сигнала под координатной сеткой.
2. Щелкните по **Start/Stop/Center...**

Справка диалогового окна Start/Stop – Center/Span – Step (Начальная/ конечная частота — центральная частота/ширина полосы — шаг)

Команды программирования



Диапазон частот определяет любая из перечисленных ниже пар настроек. Последнее вводимое значение определяет метки на оси X. Например, при вводе начального значения и ширины полосы по оси X будут показаны метки центральной частоты и ширины полосы.

Start/Stop (Начальная/конечная частота): задает начальную и конечную частоты развернутого диапазона измерений. Center/Span (Центральная частота / ширина полосы): задает значение середины диапазона частот и ширину диапазона частот.

Любая из следующих настроек определяет количество равномерно распределенных по частотному диапазону точек данных.

Points (Точки): задает количество равномерно распределенных по частотному диапазону точек данных. Подробнее о точках данных

Step (Шаг): доступно только для линейной развертки. Задает шаг по частоте между равномерно распределенными точками данных. Изменения этой настройки корректируют настройку количества точек в сторону ближайшего целого значения. Любой остаток приведет к коррекции либо конечного значения частоты, либо значения ширины полосы в зависимости от того, что отображается на метке оси X.

Изменение масштаба

Функция изменения масштаба позволяет легко менять начальную и конечную частоты или начальный и конечный уровни мощности в развертке мощности.

Функция изменения масштаба работает с активным графиком, а также со всеми графиками, находящимися в одном канале с активным, независимо от того, в каких окнах они отображаются.

Изменение масштаба в окне измерений

• Левой кнопкой мыши или пальцем перетащите часть графика.
• Отпустите кнопку мыши или уберите палец, и появится следующее меню:
• Выберите один из следующих пунктов:
  • Zoom (Масштаб): изменяет настройки испытательного сигнала канала до левого и правого граничных значений выбранной области масштабирования.
  • Zoom xy (Масштаб xy): изменяет настройки испытательного сигнала канала, как описано выше. В дополнение к этому масштаб активного графика по оси Y изменяется до приблизительно масштаба выбранной области масштабирования.
  • Zoom Full Out (Минимальный масштаб): изменяет настройки испытательного сигнала канала до полного диапазона текущей калибровки. Если ни одна из калибровок не активирована, настройки испытательного сигнала изменяются до полного диапазона данной модели VNA.
Примечания.
• Настройки испытательного сигнала изменяются для ВСЕХ графиков в активном канале, независимо от того, в каких окнах они отображаются.
• Если в выбранной области имеются маркеры, они остаются на своих местах.
• Если маркеры находятся за пределами выбранной области, они смещаются к правой или левой границе нового диапазона. При выборе опции Zoom Full Out маркеры возвращаются на исходные места.
Функция изменения масштаба НЕДОСТУПНА в следующих случаях:
• Если используется представление в виде диаграммы Смита или в полярных координатах.
• Тип развертки — непрерывная волна по времени и сегмент.
• Измерения частотного сдвига.
• Измерения FCA, опция S93083A.

Частоты непрерывной волны

Измерения с временной разверткой непрерывной волны или разверткой мощности производятся на одной частоте, а не в диапазоне частот.

Способы задания частоты непрерывной волны

С помощью аппаратной клавиши/ *программной вкладки*/программной кнопки

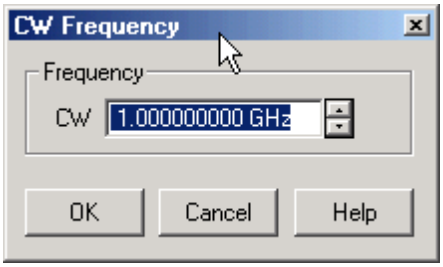
1. Задайте параметру Sweep Type (Тип развертки) значение **CW Time (Непрерывная волна по времени)** или **Power Sweep (Развертка мощности)**.
2. Нажмите **Freq** > ***Main*** > **CW**.
3. Введите требуемую частоту непрерывной волны.

С помощью мыши

1. Задайте параметру Sweep Type (Тип развертки) значение CW Time (Непрерывная волна по времени) или Power sweep (Развертка мощности).
2. Щелкните правой кнопкой мыши по области испытательного сигнала под координатной сеткой.
3. Щелкните **CW...**

Команды программирования

Справка диалогового окна CW Frequency (Частота непрерывной волны)



CW (Непрерывная волна): наберите значение и первую букву суффикса (k, m или g) или стрелочными клавишами выберите значение из диапазона VNA.

Разрешение по частоте

Разрешение задания частоты составляет 1 Гц.

Пересечения диапазонов частот

Диапазон частот VNA охватывает несколько внутренних частотных диапазонов. Чем выше частотный диапазон VNA, тем больше этих внутренних диапазонов. При прохождении частоты испытательного сигнала через эти пересечения диапазонов подача питания на ваше тестируемое устройство прекращается. Подробнее см. в разделе «Включение и выключение питания во время развертки и повторной трассировки».

Частоты, перечисленные в следующих таблицах, представляют собой конечные частоты указанных диапазонов, и одновременно они являются начальными частотами следующих диапазонов.

Вы можете загрузить утилиту Считывание структуры диапазонов VNA, в которой указаны границы диапазонов вашего VNA.

Пересечения диапазонов частот отличаются у следующих моделей:

- модели VNA-X;
- модели N522xA.

Уровень мощности

Уровень мощности — это мощность сигнала источника на измерительных портах.

- Выполнение настроек мощности
- Диалоговое окно Power (Мощность)
- Диалоговое окно Power and Attenuator (Мощность и аттенюатор)
- Несбалансированный источник
- Задание независимых значений мощности на портах
- Оптимальное значение аттенюации
- Аттенюация приемника
- Включение и отключение питания в процессе сохранения/вызова данных и применения предварительной настройки
- Включение и выключение питания во время развертки и обратного хода

Настройки мощности

Выходная мощность измерительных портов задается по частоте. См. характеристики диапазона мощности для своего анализатора.

Выполнение настроек мощности

Задать мощность для порта можно одним из следующих способов.

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/ программной кнопки

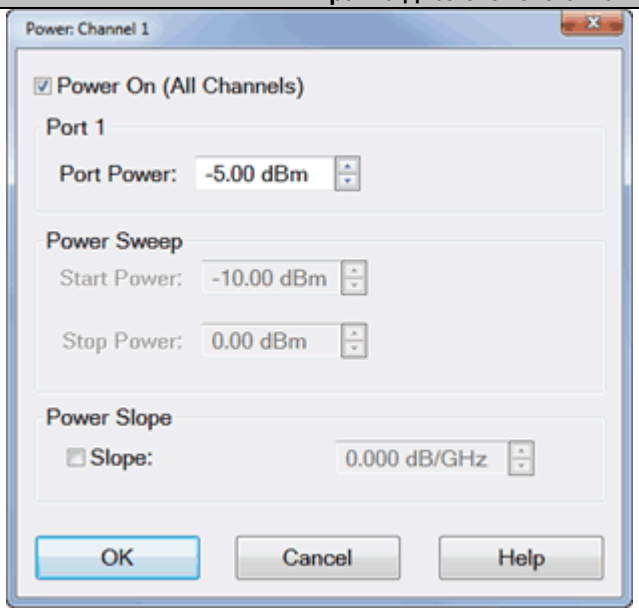
1. Чтобы ввести требуемый уровень мощности, нажмите **Power** > ***Main*** > **Power Level** / **Start Power** / **Stop Power**.
2. Для включения или отключения мощности РЧ-сигнала нажмите **Power** > ***Main*** > **RF Power**.
3. Нажмите **Power** > ***Leveling & Offsets*** > и щелкните по маленькой кнопке **Slope** слева, чтобы включить или отключить крутизну кривой (зеленый цвет означает, что крутизна включена, серый — отключена).

С помощью мыши

1. Щелкните правой кнопкой мыши по метке оси X или по области диапазона испытательного сигнала под координатной сеткой.
2. Щелкните **Power**... Появится диалоговое окно Power: Channel N (Мощность: канал N).

Команды программирования

Справка диалогового окна Power (Мощность)



Данное диалоговое окно содержит основные средства регулирования мощности источника для определенного порта. См. диалоговое окно Power and Attenuators (Мощность и аттенюаторы).

Power On (All Channels) (Включить питание (все каналы)): поставьте этот флажок, чтобы включить источник питания всех каналов. Питание включается только в том случае, если установлена настройка питания канала ON или Auto.

Port 'n' (Порт «n»): активный порт источника, для которого задается мощность.

Port Power (Мощность порта): задает уровень мощности для указанного порта.

Чтобы точно установить уровень мощности в любой точке после тестового порта, выполните калибровку мощности источника.

Power Sweep (Развертка мощности)

Start/Stop Power (Начальная/конечная мощность): задает значения начальной и конечной мощности для развертки мощности.

- Эти настройки доступны только в том случае, если параметру Sweep Type (Тип развертки) задано значение Power Sweep (Развертка мощности).
- Развертка несвязанной мощности: мощность может быть задана из диалогового окна Advanced Power (Расширенные настройки мощности).
- Можно воспользоваться функцией изменения масштаба, чтобы было удобнее изменять начальный и конечный уровни мощности в развертке мощности. Как это сделать.

Крутизна характеристики мощности

Помогает компенсировать потери мощности в кабелях и испытательной оснастке при повышенной частоте.

Slope (Крутизна): задает крутизну характеристики. Очистите данное поле, чтобы отключить функцию крутизны.

Выполнение настроек мощности

Задать мощность для порта можно одним из следующих способов.

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки

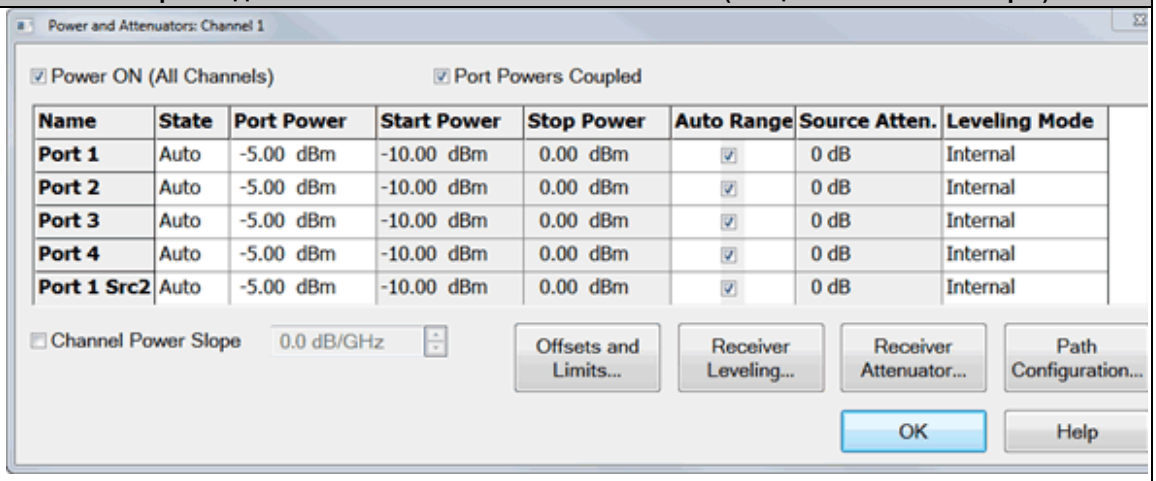
1. Нажмите **Power** > ***Main*** > **Power and Attenuators**, после чего появится диалоговое окно Power and Attenuators (Мощность и аттенюаторы).

Детальные настройки мощности и аттенюаторов:

1. Для включения или отключения мощности РЧ-сигнала нажмите **Power** > ***Main*** > **RF Power**.
2. Нажмите **Power** > ***Port Power*** > **Select Port x**, чтобы активировать выбранный порт.
3. Чтобы ввести требуемый уровень мощности для выбранного порта, нажмите **Power** > ***Port Power*** > **Power Level** / **Start Power** / **Stop Power**.
4. Нажмите **Power** > ***Port Power*** > **Source State**, чтобы выбрать состояние источника: автоматический режим, включен или выключен.
5. Нажмите **Power** > ***Port Power*** > **Coupling**, чтобы включить или отключить связывание мощности.
6. Нажмите **Power** > ***Leveling & Offsets*** > и щелкните по маленькой кнопке **Slope** слева, чтобы включить или отключить крутизну кривой (зеленый цвет означает, что крутизна включена, серый — отключена).

Команды программирования

Справка диалогового окна Power and Attenuators (Мощность и аттенюаторы)



Служит для определения и регулировки мощности источника и аттенюации для активного канала.

Это диалоговое окно позволяет управлять внешними источниками. Подробнее.

Power On (All Channels) (Включить питание (все каналы)): поставьте этот флажок, чтобы включить источник питания всех каналов (та же функция, что и для мощности ВЧ-сигнала). Питание включается только в том случае, если установлена настройка питания канала ON или Auto.

Port Powers Coupled (Связывание мощности портов)

- Coupled (Со связыванием) (флажок поставлен): уровни мощности на всех измерительных портах одинаковы. Если задать мощность на каком-либо одном испытательном порту, на всех остальных портах она будет доведена до того же уровня.
- Uncoupled (Без связывания) (флажок снят): уровни мощности задаются независимо для каждого измерительного порта. Снимите связывание мощности, например если требуется измерить усиление и развязку усилителя с высоким коэффициентом усиления. Мощность, требуемая для входного порта усилителя, существенно ниже требуемой мощности выходного порта. Развертка мощности может выполняться и при несвязанной мощности. Подробнее о независимом задании мощности портов.

Name (Имя): перечень измерительных портов анализатора.

State (Состояние)

- Auto (Автоматический режим): питание источника на указанном измерительном порту включается в моменты, когда это требуется проводимым измерением. Это наиболее часто используемая настройка (по умолчанию). См. также Включение и выключение питания во время сохранения/вызова, применения пользовательских или заводских предварительных настроек.
- ON (Включено): питание источника включено постоянно, независимо от выполняемых измерений. Используйте эту настройку для подачи питания от источника на порт тестируемого устройства, который требует постоянного наличия питания, например порт LO. При этом возможно отключение питания на другом измерительном порту.
- OFF (Выключено): питание источника выключено постоянно, независимо от выполняемых измерений. Используйте эту настройку для предотвращения повреждения измерительного порта чувствительных тестируемых устройств.

Port Power (Мощность порта): задает уровень мощности на выходе источника.

- Чтобы точно установить уровень мощности в любой точке после тестового порта, выполните калибровку мощности источника.
- См. заданный диапазон мощности для данной модели VNA.
- См. Уровень компрессии модуля ECal

Start/Stop Power (Начальная/конечная мощность): доступно только в том случае, если установлен тип развертки Power Sweep. Задает значения начальной и конечной мощности для развертки мощности. Как задать развертку мощности.

- Можно задать, требуется ли поддерживать мощность источника на начальном или конечном уровне по завершении развертки мощности. Подробнее
- Развертку мощности можно выполнять при несвязанной мощности. Различные диапазоны мощности можно развертывать в прямом и обратном направлениях.

Auto Range (Автоматическое задание диапазона): поставьте флажок, чтобы анализатор мог выбрать оптимальное значение аттенюации для достижения заданной мощности на измерительном порту.

Снимите флажок, чтобы вручную задать аттенюацию для каждого порта. Введите или выберите значение аттенюации в соседнем поле Attenuator Control (Управление аттенюатором).

При использовании ручной аттенюации (флажок с Auto Range снят) значение Port Power можно задавать в диапазоне 60 дБ. Пример:

- при ручной аттенюации 0 дБ значение Port Power может быть задано в интервале от –30 до +30 дБм;
- при ручной аттенюации 10 дБ значение Port Power может быть задано в интервале от –40 до +20 дБм и т. д.

Важное замечание: доступный диапазон мощности также АВТОМАТИЧЕСКИ корректируется функциями: калибровка мощности источника, направленная калибровка мощности и компенсация мощности. Если вы НЕ видите ожидаемого диапазона или правильного уровня мощности на тестируемом устройстве, просмотрите колонку Power Offset (Сдвиг мощности) в диалоговом окне Power Limits and Offsets (Предельные значения и сдвиги мощности).

Source Attenuator (Аттенюатор источника): при несвязанных мощностях портов ручной регулятор аттенюатора позволяет задавать мощность в широком диапазоне путем регулирования аттенюации. См. раздел «Задание независимой мощности портов». Кроме того, используйте ручной регулятор аттенюации, если для измерения требуется очень точное соответствие импеданса источнику, например при работе с генераторами колебаний или условно нестабильными усилителями. Выбирайте уровень аттенюации 10 дБ и более, чтобы обеспечить наилучшее согласование с источником.

- Аттенюаторы и иные механические переключатели НЕ допускается замыкать постоянно. Подробнее.
- При связанных мощностях портов изменение значения регулирования аттенюации для одного порта приводит к изменению значений на всех остальных портах.

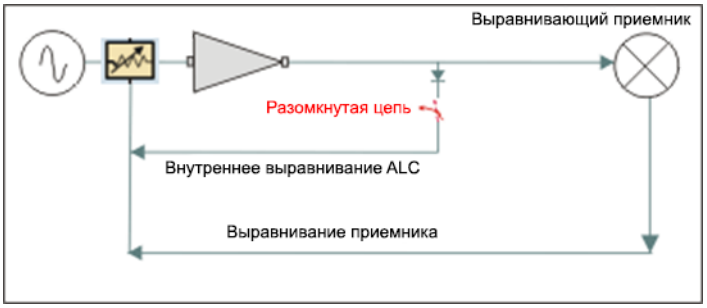
Примечание. Поскольку опорный приемник не является контуром аттенюатора, мощность на нем будет выше, чем на измерительном порту, на величину аттенюации источника.

По умолчанию ВСЕ модели VNA математически смещают отображаемую мощность на опорных приемниках на величину аттенюации источника.

Может быть задано предпочтение НЕ смещать математически отображаемую мощность на опорных приемниках на величину аттенюации источника.

Как задать такое предпочтение.

Режим выравнивания (сенсорная клавиша аппаратных функций ALC): см. следующую схему:



- Internal (Внутреннее): выравнивание с помощью ALC. Уровень мощности в пределах настройки аттенюатора ограничен диапазоном ALC. См. «Несбалансированный источник».
- Open Loop (Разомкнутый контур): нет ALC и НЕТ выравнивания приемника. (Используется при пульсации совместно с модуляторами внутреннего источника.) ОТСУТСТВУЕТ у моделей N523x. Выравнивание не используется при задании мощности источника. Минимальная возможная задаваемая мощность без аттенюации ограничивается –30 дБм. Точность задания уровня мощности источника сильно ухудшается. Чтобы повысить точность задания мощности источника, используйте калибровку мощности источника.
- **Receiver Rx (Rx приемника):** выравнивание приемника. Выберите приемник, который будет использоваться для выравнивания источника. Подробнее.
- Примечание. Выравнивание приемника может использоваться как с внутренним выравниванием ALC, так и при разомкнутом контуре. См. Включить аппаратные функции ALC в диалоговом окне Receiver Leveling (Выравнивание приемника).

Крутизна характеристики мощности в канале

Помогает компенсировать потери мощности в кабелях и испытательной оснастке при повышенной частоте. При включенной функции крутизны характеристики мощности выходная мощность на порту увеличивается (при введенном положительном значении) или уменьшается (при введенном отрицательном значении) при возрастании частоты развертки.

Slope (Крутизна): задает крутизну характеристики. Очистите данное поле, чтобы отключить функцию крутизны.

Крутизна характеристики мощности рассчитывается и применяется от 0 ГГц, а не от начальной частоты измерений.

Например, при следующих настройках измерений:

- Начальная/конечная частота: от 10 до 20 ГГц
- Уровень мощности: 0 дБм
- Крутизна характеристики: 1 дБ/ГГц

Мощность, подаваемая на тестируемое устройство в интервале частоты от 10 до 20 ГГц, будет возрастать от 10 до 20 дБм.

Offset and Limits (Смещение и предельные значения): запускает диалоговое окно Power Offset and Limits (Смещение и предельные значения мощности).

Receiver Leveling (Выравнивание приемника): запускает диалоговое окно Receiver Leveling (Выравнивание приемника).

Receiver Attenuator (Аттенюатор приемника): запускает диалоговое окно Receiver Attenuator (Аттенюатор приемника).

Path Configurator (Конфигуратор пути): запускает диалоговое окно Path Configurator (Конфигуратор пути).

Несбалансированный источник

Если на измерительном порту требуется более высокий уровень мощности, чем может быть подан, на экране появится сообщение об ошибке Source Unleveled (Источник не сбалансирован), а в строке состояния — буквы LVL.

Чтобы выполнить развертку мощности, диапазон мощности обычно ограничивается диапазоном контура автоматического управления выравниванием (ALC). (VNA-X допускает очень широкий диапазон мощности при разомкнутом контуре.)

Нормируемые технические характеристики гарантируют диапазон мощности ALC, в котором мощность может подаваться без индикации дисбаланса. Однако фактически достижимый диапазон мощности для вашего анализатора, скорее всего, будет больше указанного диапазона.

Как рассчитать заданный достижимый диапазон мощности

На основании нормируемых технических характеристик для частотного диапазона от 15 до 20 ГГц:

- максимальная выровненная мощность: –8 дБм;
- диапазон развертки мощности (ALC) = –17 дБ.

Для данного частотного диапазона заданный диапазон мощности рассчитывается следующим образом:

- макс. = –8 дБм;
- мин. = (–8)–(17) = –25 дБм.

При использовании аттенюаторов источника:

- при аттенюации 10 дБ диапазон имеет границы от –18 до –35 дБм;
- при аттенюации 20 дБ диапазон имеет границы от –28 до –45 дБм и т. д.

Чтобы устранить несбалансированное состояние, измените либо мощность на измерительном порту, либо настройку аттенюатора.

Важное замечание: доступный диапазон мощности также АВТОМАТИЧЕСКИ корректируется функциями: калибровка мощности источника, направленная калибровка мощности и компенсация мощности. Если вы НЕ видите ожидаемого диапазона или правильного уровня мощности на тестируемом устройстве, просмотрите колонку Power Offset (Сдвиг мощности) в диалоговом окне Power Limits and Offsets (Предельные значения и сдвиги мощности).

Задание независимых значений мощности на портах

Вы можете снять связывание мощности портов и указать различные уровни мощности для каждого из измерительных портов. При задании независимых значений мощности на портах необходимо учитывать несколько моментов.

- Попадают ли требуемые высокий и низкий уровни мощности в указанный диапазон между минимальной и максимальной мощностью анализатора? См. индикатор дисбаланса. Если нет, вам может потребоваться использовать внутренние аттенюаторы источников.

- Есть ли в анализаторе аттенюаторы источников? Если да, то сколько? В некоторых моделях VNA имеется по одному аттенюатору на каждый порт. В большинстве многопортовых систем VNA один аттенюатор используется совместно как минимум двумя портами. Наличие и диапазон аттенюации источников в своем VNA см. в разделе «Опции VNA».

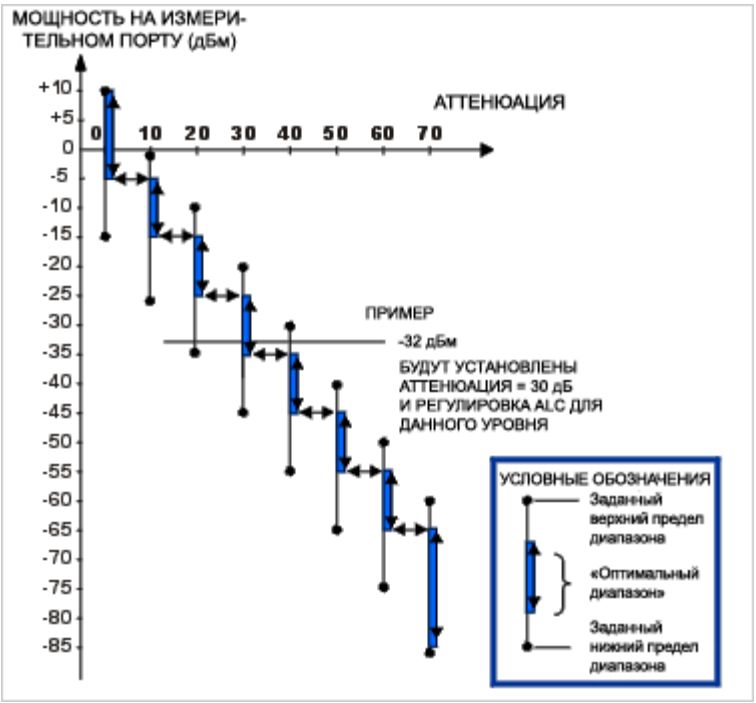
> Примечание. Во избежание преждевременного износа аттенюаторы и иные механические переключатели НЕ допускается замыкать постоянно.
>
> Эти механические устройства настраиваются для всего канала. Если при использовании двух и более каналов уставки механических устройств НЕ одинаковы для всех каналов, развертка допускается только для АКТИВНОГО канала. Для всех остальных каналов развертка НЕ допускается (блокируется).

Оптимальное значение аттенюации

Аттенюатор имеет различные положения, обеспечивающие широкий диапазон уровней мощности. Количество имеющихся диапазонов мощности определяется аттенюацией источника, установленной на вашем VNA.

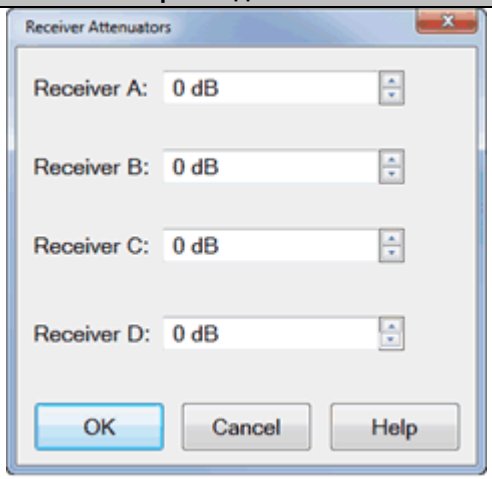
- Каждый диапазон имеет заданный полный размах (25 дБ на нижеприведенном графике значений аттенюации).
- Оптимальная уставка находится в середине диапазона. Этот диапазон обеспечивает наилучшую точность и характеристики системы выравнивания источника. Оптимальные диапазоны выделены синим на следующем графике.
- Настройка аттенюатора может быть задана вручную или автоматически. При выборе автоматического режима используются оптимальные диапазоны, показанные синими областями на следующем графике.

(Диапазоны аттенюации могут быть различными, в данном случае показан диапазон 70 дБ.)



> Примечание. Коррекция погрешностей будет вполне точной только для уровня мощности, при котором производилась калибровка измерения. Однако при изменении мощности в пределах того же диапазона аттенюации, в котором проводилась калибровка мощности, измерения с соотношениями могут производиться практически с максимальной точностью (измерения без соотношений — с меньшей точностью).

Справка диалогового окна Receiver Attenuators (Аттенюаторы приемника)



Аттенюаторы приемника предлагаются в качестве опции.

Введите или выберите независимые значения аттенюации для каждого приемника.

- Приемник A подключен к измерительному порту 1
- Приемник B подключен к измерительному порту 2
- Приемник C подключен к измерительному порту 3

- Приемник D подключен к измерительному порту 4

Аттенюация приемника предназначена для защиты приемников измерительных портов VNA от повреждения или компрессии. Аттенюация приемника снижает отображаемую мощность на приемнике по сравнению с мощностью на измерительном порту на величину аттенюации.

При подключении внешних измерительных блоков управление аттенюацией приемника возможно только для физических приемников в VNA. Переключение аттенюации приемников с использованием номенклатуры логических приемников НЕ допускается.

Примечание. Может быть задано предпочтение для математического смещения (или НЕ смещения) отображаемой мощности на приемниках измерительных портов на величину аттенюации приемника. По умолчанию у всех моделей VNA применяется смещение отображаемых показаний.

Как задать такое предпочтение.

ВНИМАНИЕ! При превышении максимальных значений уровней мощности возможно повреждение приемников анализатора.

- См. значения аттенюации приемника для своей модели VNA.

Включение и выключение питания во время сохранения/вызова, применения пользовательских или заводских предварительных настроек.

Для защиты от случайного включения тестируемого устройства предусмотрены следующие настройки включения и выключения питания ВЧ-тракта:

Сохранение/вызов состояния прибора

Если в процессе сохранения состояния прибора питание будет выключенным, оно всегда будет выключенным после вызова данного состояния.

Если в процессе сохранения состояния прибора питание будет включенным, а текущая настройка питания имеет значение OFF (выключено), то после вызова состояния прибора питание будет выключенным.

Пользовательская предварительная настройка

Если в процессе сохранения пользовательских предварительных настроек питание будет выключенным, оно всегда будет выключенным после применения данных настроек.

Если в процессе сохранения пользовательских предварительных настроек питание будет включенным, а текущая настройка питания имеет значение OFF (выключено), то после применения данных настроек питание будет выключенным.

Предварительная настройка

В предварительной заводской настройке прибора питание включено по умолчанию.

Ее можно изменить в настройках предпочтений так, чтобы питание выключалось после применения предварительной настройки, если текущая настройка питания — OFF (выключено).

Включение и выключение питания во время развертки и обратного хода

Диапазон частот VNA охватывает несколько внутренних частотных диапазонов. Чем выше частотный диапазон VNA, тем больше этих внутренних диапазонов. Например, VNA на 9 ГГц имеет 6 частотных диапазонов, VNA на 50 ГГц — 25 частотных диапазонов. См. пересечения частотных диапазонов.

При смене частотных диапазонов питание тестируемого устройства выключается во избежание бросков мощности на тестируемом устройстве.

Обратный ход происходит, когда источник доходит до конца выбранного частотного диапазона и возвращается к его началу. При возврате к началу частотного диапазона питание тестируемого устройства вновь выключается.

При различных настройках испытательного сигнала имеют место следующие состояния включения/выключения:

1. Развертка в одном диапазоне: включение/выключение питания тестируемого устройства при обратном ходе определяется настройками предпочтений.
2. Развертка в нескольких диапазонах: питание тестируемого устройства выключается во время развертки на пересечении диапазонов. Кроме того, оно выключается на время обратного хода.
3. Развертка мощности: развертка мощности всегда осуществляется на одной частоте. Поэтому, как для пункта 1, включение/выключение питания тестируемого устройства при обратном ходе определяется настройкой предпочтений.
4. Одиночная развертка:

    - Режим ручного триггера: в конце развертки по нескольким диапазонам питание выключается на время обратного хода, после чего включается вновь перед задействованием следующего триггера.
    - Режим удержания: питание может включаться и выключаться в зависимости от того, когда и как был осуществлен переход в режим удержания. Однако возможно и мгновенное выключение питания, вручную или дистанционно.

Внимание! Не допускайте повреждений анализатора, требующих дорогостоящего ремонта. Ознакомьтесь с разделом «Защита от разрядов статического электричества».

Выравнивание приемника

Примечание. Модель M937xA не поддерживает данную функцию.

Функция выравнивания приемника корректирует мощность приемника так, чтобы измеряемая мощность приемника стала равной мощности порта.

В данной теме:

- Общие сведения
- Процесс выравнивания приемника
- Характеристики и ограничения
- Выполнение настроек выравнивания приемника
- Справка диалогового окна Receiver Leveling (Выравнивание приемника)
- Выбор начальной мощности

См. другие разделы темы «Настройка измерений»

Общие сведения

Для выравнивания приемника используются измерения приемника для корректировки уровня мощности источника по развертке частоты или мощности. Перед каждым свипированием с измерениями выполняется некоторое количество пробных циклов свипирования для многократного измерения мощности на приемнике в каждой точке испытательного сигнала. Эти измерения мощности затем используются для корректировки уровня мощности источника и повышения его точности.

Данный процесс схож с калибровкой мощности источника, в которой выполняется **один цикл свипирования** для измерения мощности источника. Значения корректировки мощности источника применяются ко всем последующим циклам свипирования с измерениями. Поскольку выравнивание приемника выполняется для **каждого цикла свипирования с измерениями**, она дает более точные уровни мощности источника, но увеличивает время выполнения каждого цикла свипирования с измерениями.

Процесс выравнивания приемника

Циклы свипирования для выравнивания выполняются в фоновом (невидимом) режиме перед каждым циклом свипирования с измерениями с целью определения и применения данных корректировки для источника.

1. Для каждого цикла свипирования для выравнивания мощность источника применяется в каждой точке данных и измеряется заданным приемником. Как выбирается начальный уровень мощности.
2. Рассчитывается расхождение между измеренной мощностью и мощностью порта.
3. Данное расхождение применяется к текущему значению мощности источника, и обновленные уровни мощности источника применяются к следующему циклу свипирования для выравнивания.
4. Этот процесс продолжается до тех пор, пока мощность приемника в каждой точке данных не станет равной мощности порта с учетом заданных допусков, или до достижения заданного числа циклов (итераций) свипирования для выравнивания.

Характеристики и ограничения

- Выравнивание приемника может использоваться с большинством типов развертки, включая сегментированную развертку и развертку мощности.
- Выравнивание приемника ВСЕГДА активно для контролируемого источника, если активирован контроль фазы (опция S93088A).
- Выравнивание приемника возможно при стандартных измерениях S-параметров, а также с приложениями FCA, GCA и IMD.
- Включайте выравнивание приемника **до** или **после** выполнения калибровки. Если выравнивание включено до калибровки, оно отключается на время калибровки и вновь включается после ее завершения.
- При наличии дополнительного аттенюатора или усилителя в тракте источника может быть задействована функция сдвига мощности в диалоговом окне Offsets and Limits (Смещения и пределы). Сдвиг следует задавать для повышения скорости выравнивания. Данный сдвиг мощности применяется автоматически для задания мощности порта.

Используйте выравнивание приемника в следующих целях:

- Корректировка кратковременного смещения характеристик при использовании внешнего компонента, например входного усилителя. Входной усилитель необходимо подключать к перемычкам на передней панели перед опорным приемником. См. блок-схему своего VNA, находящуюся в конце каждого документа с техническими характеристиками.
- Повышение точности выравнивания мощности при очень малых значениях мощности, когда внутренний детектор может создавать очень сильный шум.
- Обеспечение регулируемого питания во время импульсных измерений в режиме разомкнутого контура.
- Регулирование мощности на выходах головок миллиметровых волн.

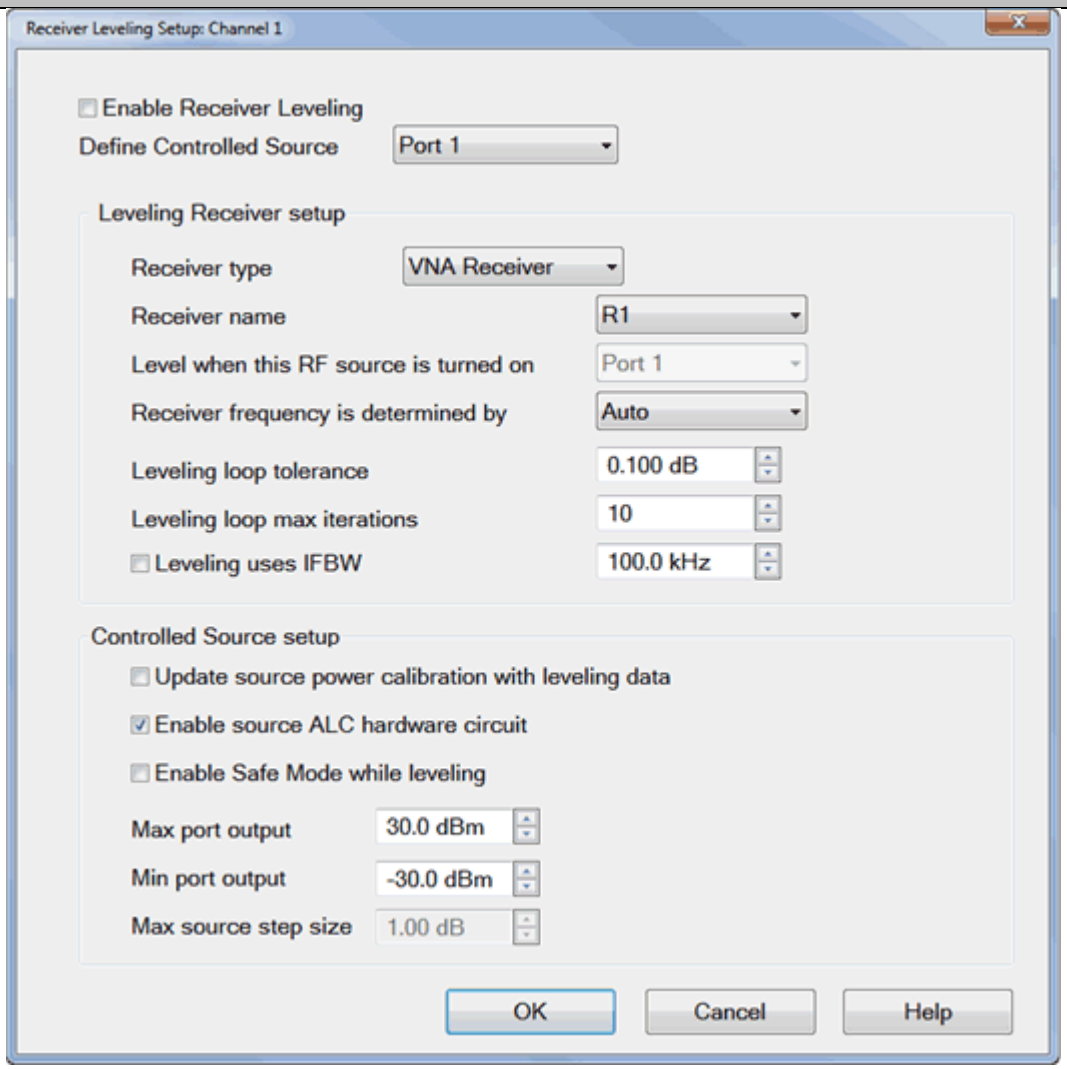
Выполнение настроек выравнивания приемника

Вызовите диалоговое окно Power and Attenuators (Мощность и аттенюаторы) следующим образом:

С помощью аппаратной клавиши/ *программной вкладки*/программной кнопки	С помощью мыши
1. Нажмите **Power** > ***Main*** > **Power and Attenuators...** 2. В диалоговом окне Power and Attenuators нажмите на кнопку **Receiver Leveling (Выравнивание приемника)**.	1. Нажмите **Stimulus**, **Power**, затем **Power and Attenuators.** 2. В диалоговом окне Power and Attenuators нажмите на кнопку **Receiver Leveling (Выравнивание приемника)**.

Команды программирования

Справка диалогового окна **Receiver Leveling (Выравнивание приемника)**



Информация о выравнивании приемника (прокрутите вверх).

Define Controlled Source (Port) (Задайте контролируемый источник (порт))

Каждый порт источника, который необходимо выровнять, настраивается индивидуально. Выберите источник, который будет настраиваться для выравнивания приемника. Выберите один из вариантов: Port 1 (Порт 1), Port 2 (Порт 2), Port 3 (Порт 3), Port 4 (Порт 4) или любой активный внешний источник.

Leveling Receiver Setup (Настройка выравнивающего приемника)

Receiver Type (Тип приемника): служит для первоначальной сортировки, облегчающей выбор приемника. Выберите один из вариантов: VNA Receiver (Приемник VNA) или Ext (Внешнее устройство) PMAR.

Receiver (Приемник): выберите приемник, который будет использоваться для выравнивания указанного источника.

Для приемника типа VNA выберите любой приемник VNA, используя стандартный перечень или номенклатуру приемников.

Чтобы выровнять мощность на выходе источника или входе тестируемого устройства, выберите опорный приемник для порта источника. Например, чтобы выровнять мощность источника на порте 1, выберите R1. Чтобы выровнять мощность на выходе тестируемого устройства, выберите приемник, который используется для измерения выходного сигнала тестируемого устройства. Если выход тестируемого устройства подключен к порту 2, выберите B или b2.

Информация о номенклатуре приемников

Если включен контроль фазы, будут выбраны приемники с соотношениями, используемые для контроля фазы, БЕЗ возможности изменения. Однако для выравнивания приемника также МОЖЕТ быть выбран опорный источник.

Если в качестве типа приемника назначено внешнее устройство, выберите устройство PMAR с настроенной конфигурацией.

Level when this RF source is turned ON (Уровень, когда данный ВЧ-источник будет включен): контролируемый источник выбирается автоматически БЕЗ возможности изменения.

Receiver frequency is determined by (Частота приемника определяется): опция доступна ТОЛЬКО в том случае, если выбранный приемник является приемником VNA или измерителем мощности. Данная настройка определяет, какие частоты приемника измеряются. Выберите один из вариантов:

- **Auto (Авто):** всегда используется диапазон частот, назначенный измерительному приемнику.
- **FOM Receiver (Приемник FOM):** частотный диапазон приемника в режиме смещения частоты. Подробнее о режиме смещения частоты.
- **FOM Source (Источник FOM):** частотный диапазон источника в режиме смещения частоты.
- **DUT Input (Вход тестируемого устройства):** частотный диапазон на входе смесителя/преобразователя.
- **DUT Output (Выход тестируемого устройства):** частотный диапазон на выходе смесителя/преобразователя.

Leveling Loop Tolerance (Допуск контура выравнивания): источник считается выровненным, когда в каждой точке данных испытательного сигнала достигается уровень мощности в пределах данного значения допуска в положительную и отрицательную стороны.

Leveling Loop Max Iterations (Макс. число итераций в контуре выравнивания): если каждая точка данных испытательного сигнала НЕ достигнет мощности порта после указанного числа циклов выравнивания, будет выполнен цикл свипирования с измерениями с использованием корректирующих значений, полученных на последнем цикле свипирования для выравнивания. При достижении максимального числа итераций появится **Not settled, noisy trace (Не выровнено, шумный график)**. Если появилось это сообщение, можно увеличить максимальное число итераций, уменьшить полосу ПЧ или увеличить настройку допуска.

Примечание. Если максимальное число итераций равно нулю, предварительные циклы свипирования для выравнивания приемника не выполняются, а для корректировки следующего цикла свипирования используется значение данных приемника. Таким образом, при вводе нулевого значения применяется корректировка после цикла свипирования, что может быть полезно при корректировке медленного дрейфа в системе, где используется входной усилитель или ALC с разомкнутым контуром, без добавления предварительных циклов свипирования к сбору данных.

Leveling IFBW (Выравнивание полосы ПЧ): доступно только для приемников VNA. По умолчанию ширина полосы ПЧ для циклов свипирования для выравнивания составляет 100 кГц. Подробнее о полосе ПЧ.

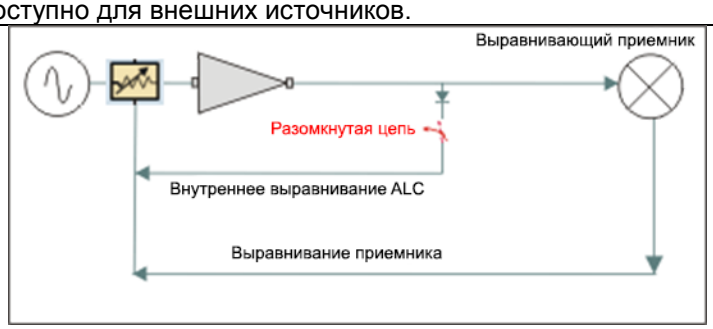
- При увеличении этого значения циклы свипирования для выравнивания будут выполняться быстрее, но с более высоким уровнем шума.
- При уменьшении этого значения циклы свипирования для выравнивания будут выполняться медленнее, но с большей повторяемостью.
- Снимите этот флажок, чтобы использовать ту же полосу ПЧ, что и в циклах свипирования с измерениями.

Controlled Source Setup (Настройка контролируемого источника)

Update source power calibration with leveling data (Обновление калибровки мощности источника с использованием данных выравнивания): доступно только при использовании ВЧ-источника и приемника VNA.

- При наличии этого флажка данные последней корректировки копируются в массив корректировки калибровки мощности источника (Source Power Cal). Когда режим выравнивания вновь переключается на внутренний (в диалоговом окне Power and Attenuators), автоматически включается калибровка мощности источника с использованием этих данных корректировки.
- При снятии флажка калибровка мощности источника при переключении режима выравнивания на внутренний НЕ включается.

Enable Source ALC hardware circuit (Включить аппаратную цепь ALC источника): НЕдоступно для внешних источников.



- **Флажок установлен:** внутреннее выравнивание ALC и выравнивание приемника (рекомендуется).
- **Флажок снят:** выравнивание ALC НЕ производится; ТОЛЬКО выравнивание приемника. ОТСУТСТВУЕТ у моделей N523x.

Enable Safe Mode while leveling (Включить безопасный режим в процессе выравнивания)

С целью защиты тестируемого устройства эти настройки контролируют возможную степень изменения мощности источника для достижения мощности порта, измеренной опорным приемником. Эти настройки могут потребоваться при использовании внешних компонентов с большими изменениями частотной характеристики (линейности).

Если флажок установлен:

- В процессе выравнивания контура в качестве начального уровня мощности используется минимальный выходной сигнал источника.
- Шаг контролируемого источника никогда не превышает максимального размера шага источника.

Если флажок снят:

- Начальная мощность контура выравнивания может определяться минимальным выходным уровнем источника, максимальным выходным уровнем источника, последней настройкой контура выравнивания или целевым значением для контура выравнивания. См. раздел «Начальная мощность» далее.
- Величина максимального шага источника игнорируется.

Max source step size (Максимальный шаг источника): при включенном безопасном режиме изменение мощности источника в каждой точке данных между двумя последующими циклами свипирования ограничивается данным значением. Например, допустим, что безопасный режим включен и задан максимальный шаг мощности 1 дБ. На первом цикле свипирования для выравнивания результат измерения в первой точке данных ниже мощности порта на 3 дБ; в этом случае мощность источника для точки данных 1 будет увеличена на 1 дБ в следующем цикле свипирования и, вероятнее всего, в двух последующих циклах.

Max port output (Максимальный выходной сигнал порта): в любых условиях ограничивает максимальную выходную мощность источника данным значением. **При достижении данного предельного значения появляется сообщение: Power set to Max Power (Мощность установлена на максимум)**.

Если в какой-то момент при выполнении циклов свипирования для выравнивания будет достигнута максимальная выходная мощность порта VNA, появится сообщение: **Power set to user power limit (Мощность достигла предельного значения, заданного пользователем).**

Min port output (Минимальный выходной сигнал порта): в любых условиях ограничивает минимальную выходную мощность источника данным значением. При достижении данного предельного значения появляется сообщение: **Power set to Min Power (Мощность установлена на минимум)**. Если включен безопасный режим, это значение используется в качестве начального уровня мощности при выравнивании контура.

Примечание. Максимальное/минимальное предельные значения используются всегда, независимо от состояния безопасного режима. Кроме того, максимальное/минимальное предельные значения применяются к мощности портов и связаны со сдвигом мощности. Если сдвиг мощности установлен неправильно, максимальное/минимальное предельные значения неверны, и это может отрицательно сказаться на результатах выравнивания. Убедитесь, что сдвиг мощности в канале равен сдвигу мощности в процессе калибровки. Если точное значение сдвига мощности неизвестно, выберите предельное значение для источника, которое затем не будет относиться к сдвигу мощности.

Выбор начальной мощности

Для каждой отображаемой точки данных алгоритм выравнивания должен выбрать начальную мощность, чтобы начать итерационный процесс. Значение выбирается следующим образом:

Где:

PInit — начальное значение мощности для итерационного процесса.

PFinal — конечная уставка мощности из предыдущего цикла свипирования для выравнивания.

PMin — минимальный уровень на выходе контролируемого источника, указанный в настройке выравнивания приемника.

PMax — максимальный уровень на выходе контролируемого источника, указанный в настройке выравнивания приемника.

PTarget — целевой (требуемый) уровень мощности для выбранного выравнивающего приемника.

Настройки развертки

Развертка или свипирование — это серия последовательных измерений в точках данных, производимых по заданной последовательности значений испытательного сигнала. Предусмотрены следующие настройки развертки:

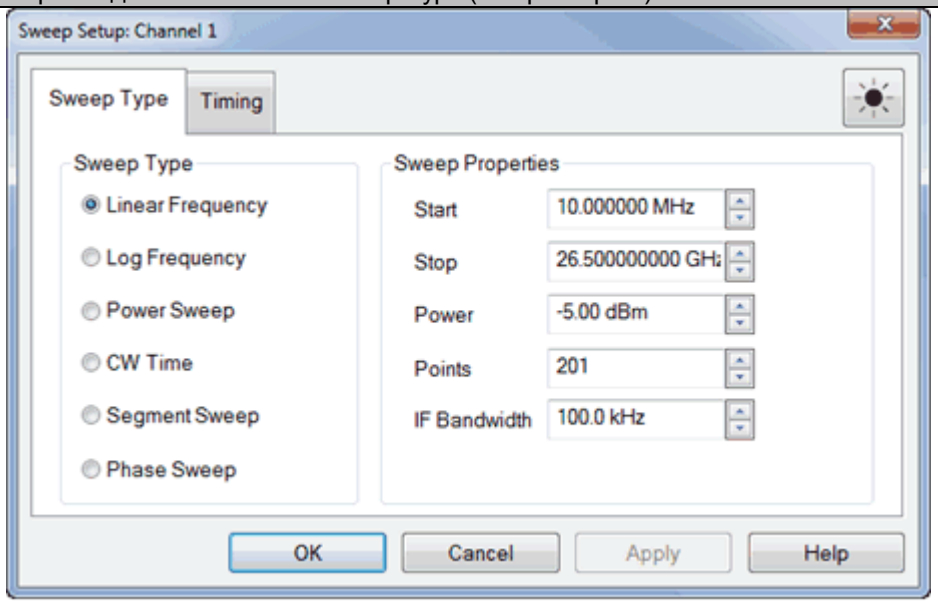
- Количество точек (отдельная тема)
- Тип развертки
    - Линейная/логарифмическая
    - Развертка мощности
    - Время непрерывных колебаний
    - Сегментированная развертка
    - Фаза
- Диапазон частот: начало/окончание (отдельная тема)
- Развертка мощности
- Сегментированная развертка
    - Выполнение настроек сегментированной развертки
    - Диалоговое окно таблицы сегментов
- Расстояние между точками по оси X — ТОЛЬКО для сегментированной развертки
- Произвольная сегментированная развертка
- Время развертки
- Настройка развертки
    - Быстрая развертка
    - Автоматическая в сравнении со ступенчатой
    - Выдержка и задержка
    - Стандартная развертка в сравнении с точечной

См. инициирование и другие темы разделы «Настройка измерений»

Задание типа развертки	
С помощью аппаратной клавиши/ *программной вкладки*/программной кнопки 1. Нажмите **Sweep** > ***Main*** > **Sweep Type**.	С помощью мыши 1. **Щелкните правой кнопкой мыши по области** испытательного сигнала **под координатной сеткой.** 2. Нажмите **Sweep Setup...**

3. Выберите вкладку **Sweep Type**, затем выберите тип.
4. Нажмите Apply, чтобы применить сделанные изменения настроек.

Справка диалогового окна Sweep Type (Тип развертки) Команды программирования



Примечание. Настройки развертки будут применены только после нажатия кнопки OK или Apply.

Channel (Канал): активный канал на момент выбора типа развертки. Настройки развертки будут применены к данному каналу.

Sweep Type (Тип развертки)

Linear Frequency (Линейная частота): задает развертку линейной частоты, отображаемую на стандартной сетке десятью равномерными горизонтальными делениями.

- Start (Начало): задает начальное значение частотной развертки.
- Stop (Конец): задает конечное значение частотной развертки.
- Points (Точки): задает число точек данных, измеряемых анализатором в ходе развертки. Диапазон: от 2 до 20 001 (значение по умолчанию — 201).
- Power (Мощность): задает уровень мощности источника. Подробнее.
- IF Bandwidth (Ширина полосы ПЧ): задает ширину полосы промежуточной частоты приемника. Подробнее.

Log Frequency (Логарифмическая частота): **частота источника изменяется с логарифмическим приращением, а данные отображаются на оси X с логарифмической шкалой. Обычно эта операция выполняется медленнее, чем непрерывная развертка с тем же числом точек.**

- Start (Начало): задает начальное значение частотной развертки.

- Stop (Конец): задает конечное значение частотной развертки.
- Points (Точки): задает число точек данных, измеряемых анализатором в ходе развертки. Диапазон: от 2 до 20 001 (значение по умолчанию — 201).
- Power (Мощность): задает уровень мощности источника. Подробнее.
- IF Bandwidth (Ширина полосы ПЧ): задает ширину полосы промежуточной частоты приемника. Подробнее.

Power Sweep (Развертка мощности): активирует развертку мощности на одной частоте, заданной пользователем. Подробнее о развертке мощности

- Start (Начало): задает начальное значение развертки мощности.
- Stop (Конец): задает конечное значение развертки мощности.
- CW Frequency (Частота непрерывной волны): задает одну частоту, на которой остается анализатор во время свипирования с измерениями.
- Points (Точки): задает число точек данных, измеряемых анализатором в ходе развертки. Диапазон: от 2 до 20 001 (значение по умолчанию — 201).
- IF Bandwidth (Ширина полосы ПЧ): задает ширину полосы промежуточной частоты приемника. Подробнее.

CW Time (Время непрерывной волны): настраивает анализатор на одну частоту, данные отображаются как функция времени. Подробнее.

- CW Frequency (Частота непрерывной волны): задает частоту, на которой остается анализатор в процессе измерения.
- Sweep Time (Время развертки): задает длительность измерения, отображаемую по оси X.
- Points (Точки): задает число точек данных, измеряемых анализатором в ходе развертки. Диапазон: от 2 до 20 001 (значение по умолчанию — 201).
- IF Bandwidth (Ширина полосы ПЧ): задает ширину полосы промежуточной частоты приемника. Подробнее.

Segment Sweep (Сегментированная развертка): настраивает анализатор на развертку по сегментам, заданным пользователем. Как выполнить эти настройки.

Phase Sweep (Развертка фазы): развертка по фазе одного или нескольких источников относительно другого источника. Выберите значения от –360° до +360°.

- Start (Начало): задает начальное значение развертки фазы.
- Stop (Конец): задает конечное значение развертки фазы.
- CW Frequency (Частота непрерывной волны): задает одну частоту, на которой остается анализатор во время развертки.

OK: применяет измененные настройки и закрывает диалоговое окно.

Apply (Применить): применяет измененные настройки и оставляет диалоговое окно открытым, позволяя делать дальнейшие изменения.

Cancel (Отменить): закрывает диалоговое окно. При этом изменения настроек, сделанные после последнего нажатия кнопки Apply, не сохраняются.
Help (Справка): отображает справку диалогового окна Sweep Type.

Развертка мощности

Развертка мощности увеличивает либо уменьшает мощность источника дискретными шагами. Развертка мощности используется для определения характеристик контуров, чувствительных к мощности, при таких измерениях, как компрессия усиления.

В диалоговом окне Sweep Type (Тип свипирования) укажите начальную мощность, конечную мощность и частоту непрерывной волны. Развертка мощности может осуществляться в любом достижимом диапазоне в пределах диапазона ALC анализатора.

Примечание. Если у VNA имеются аттенюаторы источника и требуется изменить настройку аттенюации для достижения заданных значений начальной и конечной мощности, нажмите Stimulus (Испытательный сигнал), затем Power (Мощность) и Power and Attenuators (Мощность и аттенюаторы)

VNA НЕ допускает развертку мощности в диапазоне, где требуется включение аттенюатора. Однако в разных каналах могут выполняться две развертки мощности. Аттенюаторы не смогут переключаться постоянно, срабатывание будет осуществляться путем одиночного или группового включения. Подробнее.

Остальные настройки мощности, применяемые в режиме развертки мощности:

- Настройка Test Port Power (Мощность измерительного порта) недоступна.
- Port Power (Мощность портов) может быть связанной и несвязанной.
- Attenuator Control (Управление аттенюатором) может быть только Manual (Ручное).
- Power Slope (Крутизна характеристики мощности, дБ/ГГц) игнорируется (выходная частота представляет собой непрерывную волну).
- Нажмите **Sweep** > ***Main*** > **Number of Points,** чтобы изменить величину шага развертки мощности.

Примечания.

- С помощью настройки предпочтений можно задать, требуется ли поддерживать мощность источника на начальном или конечном уровне по завершении развертки мощности.
- Развертка мощности оптимизирована по скорости. Для достижения максимальной точности измерений в процессе развертки мощности может потребоваться увеличение задержки, чтобы дать источнику больше времени на стабилизацию.
- При использовании выравнивания приемника развертка мощности может выполняться в диапазоне 60 дБ.

Сегментированная развертка

Сегментированная развертка сегмента активирует развертку, состоящую из подразверток частоты, называемых сегментами. Для каждого сегмента можно задать независимые уровни мощности, ширину полосы ПЧ и время развертки.

После калибровки измерений на всей развертке или по всем сегментам могут выполняться калиброванные измерения по одному или нескольким сегментам.

При сегментированной развертке анализатор выполняет следующее:

- сортирует все заданные сегменты в порядке увеличения частоты;
- выполняет измерения в каждой точке;
- отображает один график, состоящий из всех собранных данных.

Ограничения на сегментированную развертку:

- частотные диапазоны сегментов не могут взаимно перекрываться;
- число сегментов ограничивается лишь общим числом точек данных для всех сегментов в развертке;
- общее число точек данных по всем сегментам развертки не может превышать максимального количества точек данных для графика;
- уровень мощности для всех сегментов ПРИНУДИТЕЛЬНО устанавливается в пределах одного диапазона аттенюатора во избежание преждевременного износа аттенюатора с механической коммутацией. См. раздел «Уровень мощности»

Выполнение настроек сегментированной развертки	
С помощью аппаратной клавиши/ *программной вкладки*/программной кнопки 1. Нажмите **Sweep** > ***Segment Table*** > **Segment Table...**	С помощью мыши 1. Щелкните правой кнопкой мыши по метке оси X или области индикации испытательного сигнала под линиями сетки. 2. Нажмите Sweep Setup..., затем выберите Segment Sweep в типах развертки. 3. Нажмите Segment Table...

Команды программирования

Справка диалогового окна Segment Table (Таблица сегментов)

Программные клавиши таблицы сегментов

Add Segment (Добавить сегмент): добавляет сегмент развертки к последнему сегменту.

Insert Segment (Вставить сегмент): добавляет сегмент развертки перед выбранным сегментом. Можно также нажать стрелку вниз на клавиатуре, чтобы быстро добавить несколько сегментов.

Delete Segment (Удалить сегмент): удаление выбранного сегмента. Delete All Segments (Удалить все сегменты): удаление всех сегментов.

Примечание. Как минимум ОДИН сегмент должен быть активен, в противном случае тип развертки автоматически меняется на линейный.

Диалоговое окно Segment Table (Таблица сегментов)

X-Axis Point Spacing (Расстояние между точками по оси X): при постановке этого флажка шкала по оси X будет включать только сегменты. Подробнее.

Allow Arbitrary Segments (Разрешить произвольные сегменты): данный флажок разрешает произвольные частоты (с наложением или при обратной развертке). Подробнее.

Display Center/Span Freq (Отобразить центральную частоту / диапазон частот): при постановке данного флажка отображается центральная частота / диапазон частот.

Независимые настройки сегментов

Power Level (Уровень мощности): задает уровень мощности для данного сегмента. Кроме того, мощность на измерительных портах может быть НЕСВЯЗАННОЙ. См. связывание мощности.

IF Bandwidth (Ширина полосы ПЧ): задает ширину полосы ПЧ для данного сегмента.

IF Bandwidth Per Port (Ширина полосы ПЧ для порта): задает разную ширину полосы ПЧ для разных портов для указанного сегмента.

Sweep Time (Время развертки): задает время развертки для сегмента.

Dwell Time (Ожидание): задает время, в течение которого источник остается в каждой точке измерения перед тем, как анализатор соберет данные.

Delay (Задержка): задает время ожидания до начала сбора данных по каждому сегменту.

Sweep Mode (Режим развертки): задает автоматический или пошаговый режим развертки.

Shift LO (Смещение гетеродина): задает состояние смещения гетеродина.

Save Table (Сохранить таблицу): сохранение изменений настроек в таблице сегментов.

Load Table (Загрузить таблицу): применение изменений настроек в таблице сегментов.

Изменение существующего сегмента

Чтобы перечисленные ниже пункты меню стали доступны, сначала необходимо отобразить таблицу сегментов. (Нажмите **Sweep** > ***Segment Table.***)

State (Состояние): нажмите на поле сегмента, который необходимо изменить. Затем стрелками вверх/вниз активируйте или отключите сегмент.

Start (Начальная частота): задает начальную частоту сегмента. Щелкните по полю, затем наберите значение и первую букву суффикса (KHz, Mhz, GHz). Или дважды щелкните по полю, чтобы выбрать значение.

Stop (Конечная частота): задает конечную частоту сегмента. Щелкните по полю, затем наберите значение и первую букву суффикса (KHz, Mhz, GHz). Или дважды щелкните по полю, чтобы выбрать значение.

Примечание. Таблица сегментов уменьшает разрешение по частоте. Чтобы проверить введенное разрешение частоты, создайте маркер у настроенной начальной или конечной частоты.

Points (Точки): задает число точек данных для текущего сегмента. Наберите значение или дважды щелкните по полю, чтобы выбрать значение.

Чтобы задать уровень мощности, **ширину полосы ПЧ/ширину полосы ПЧ для порта**, время развертки, задержку, аттенюатор приемника для порта, режим развертки и смещение гетеродина независимо для каждого сегмента:

1. Нажмите **Sweep** > ***Main*** > **Sweep Type** > **Segment Sweep**.
2. Нажмите ***Segment Table*** > **Segment Table...**
3. Поставьте флажок, соответствующий настройке сегмента, затем нажмите OK.
4. Щелкните по полю в нижней части дисплея и с помощью стрелок вверх/вниз введите значение или дважды щелкните по полю, чтобы набрать значение с цифровой клавиатуры.

Примечание. Если перечисленные ниже параметры НЕ заданы, то настройки ширины полосы ПЧ, мощности и времени для канала будут применяться для всей развертки.

Расстояние между точками по оси — ТОЛЬКО для сегментированной развертки

Эта функция определяет построение графика сегмента на экране.

Порядок выбора расстояния между точками по оси X

С помощью аппаратной клавиши/ *программной вкладки*/программной кнопки	С помощью мыши
1. Нажмите **Sweep** > ***Segment Table***. > **Segment Table...** 2. Поставьте флажок для **X-Axis Point Spacing**.	1. Щелкните правой кнопкой мыши по метке оси X или по области отображения испытательного сигнала под координатной сеткой. 2. Нажмите Sweep Setup..., затем выберите Segment Sweep в типах развертки. 3. Нажмите Segment Table... 4. Поставьте флажок для **X-Axis Point Spacing**.

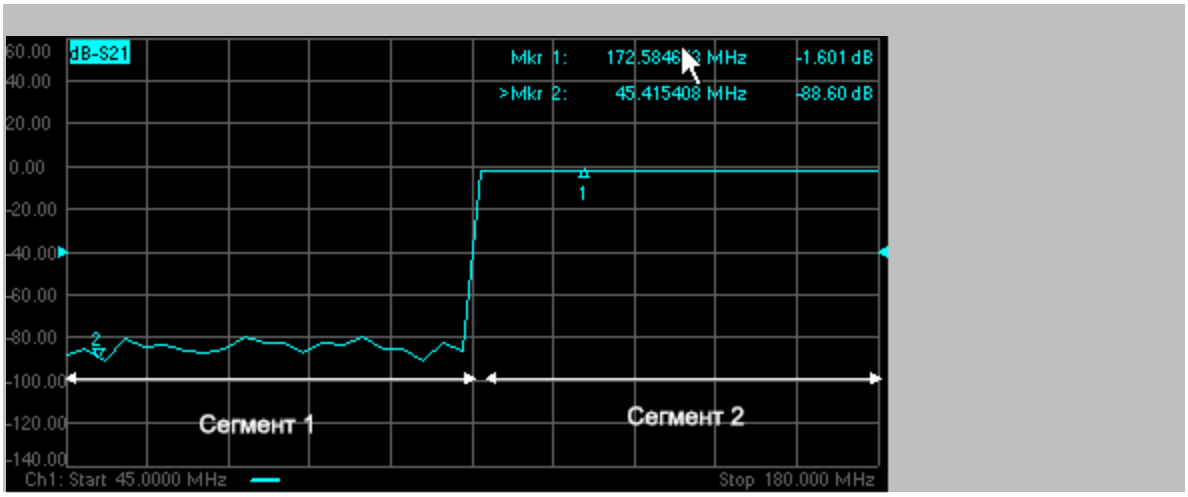
Команды программирования

- Если расстояние между точками по оси X не задано, график развертки по нескольким сегментам в некоторых случаях может сосредотачивать большое число точек измерения на узком отрезке оси X.
- Если расстояние между точками по оси X задано, положение каждой точки вдоль оси X выбирается так, чтобы все точки измерения были равномерно распределены вдоль оси X.

Например, **имеется два следующих сегмента:**

	STATE	START	STOP	POINTS
1	ON	45.000000 MHz	50.000000 MHz	21
2	ON	170.000000 MHz	180.000000 MHz	21

Без заданного расстояния между точками по оси X



С заданным расстоянием между точками по оси X

Произвольная сегментированная развертка

Эта функция позволяет вводить произвольные частоты в таблицу сегментированной развертки. **При использовании этой функции сегмент может иметь:**

- перекрывающиеся частоты;
- конечную частоту меньшую, чем начальная частота (обратная развертка).

Вместе с тем имеются некоторые ограничения:

- режим развертки: только пошаговый;
- время развертки: при выполнении обратной развертки время развертки и время ожидания перед точкой измерения увеличиваются.

Включение произвольной развертки сегментов

С помощью аппаратной клавиши/ *программной вкладки*/программной кнопки	С помощью мыши
1. Нажмите **Sweep** > ***Segment Table***. > **Segment Table...** 2. Поставьте флажок для **Allow Arbitrary Segments**.	1. Щелкните правой кнопкой мыши по метке оси X или по области отображения испытательного сигнала под координатной сеткой. 2. Нажмите Sweep Setup..., затем выберите Segment Sweep в типах развертки. 3. Нажмите Segment Table... 4. Поставьте флажок для **Allow Arbitrary Segments**.

Команды программирования

Примечания.

1.

- Совместное использование произвольных сегментов для развертки с маркерами, настройками дисплея, ограничивающими линиями, форматированием и некоторыми функциями калибровки может давать необычные результаты.

- Если установлен флажок для Allow Arbitrary Segments, задание расстояния между точками по оси X включается автоматически.
- Если в таблице сегментов предусмотрена как прямая, так и обратная развертка, корректирующая интерполяция может работать неправильно. Используйте одну и ту же настройку таблицы сегментов для коррекции и измерений. (Выполняйте измерение при условии, когда на экране отображается Cor.)
- Когда размер данных измерений в таблице сегментов превысит установленное ограничение, возникает ошибка. В этом случае необходимо уменьшить размер данных измерений (то есть число точек и каналов).

Время развертки

Анализатор автоматически поддерживает минимальное возможное для выбранных настроек измерений время развертки. Однако это время можно увеличить и выполнить более медленную развертку.

Задание времени развертки	
С помощью аппаратной клавиши/ *программной вкладки*/программной кнопки 1. Нажмите **Sweep** > ***Sweep Timing*** > **Sweep Time**. 2. Введите желаемую продолжительность развертки.	С помощью мыши 1. Щелкните правой кнопкой мыши по метке оси X или по области диапазона испытательного сигнала под координатной сеткой. 2. Нажмите **Sweep Setup...** 3. Выберите вкладку **Timing**. 4. Снимите флажок с **Auto Sweep Time**. 5. Введите желаемую продолжительность развертки.

Справка диалогового окна Time (Время) — Команды программирования

Время развертки задает время, в течение которого анализатор собирает данные для развертки. Максимальное время развертки для анализатора составляет 86 400 секунд или 1 сутки. Информация о других настройках, влияющих на скорость развертки.

Примечание. Если скорость развертки имеет большое значение, используйте ТОЛЬКО стрелки вверх и вниз рядом с полем ввода Sweep Time (Время развертки) в диалоговом окне Sweep Setup (Настройка развертки) для выбора значения, рассчитанного анализатором. НЕ вводите время развертки с клавиатуры, поскольку оно скорее всего будет округлено до ближайшего рассчитанного значения. Это округленное значение не будет обновлено в диалоговом окне.

- Фактическое время развертки включает время сбора данных плюс некоторое дополнительное время.
- Анализатор автоматически поддерживает минимальное возможное для выбранных настроек измерений время развертки. Однако с помощью этой настройки время развертки можно увеличить.
- Чтобы вернуть анализатор к максимально быстрой развертке, введите 0 секунд.

- Настройка Sweep Time (Время развертки) применяется к активному каналу.
- Время развертки указывается из расчета на один цикл свипирования. Для полной двухпортовой калибровки требуется два цикла свипирования с заданным временем развертки для каждого цикла. Подробнее.
- Индикатор развертки ↑ появляется на графике данных, если время развертки составляет не менее 0,3 секунды или если триггер установлен на точку. Индикатор располагается на последней точке данных, замеренной приемником. Если индикатор остановился (режим развертки точки), это означает, что источник уже перешел к следующей точке данных.

Настройка развертки

Выполнение настроек развертки	
С помощью аппаратной клавиши/ *программной вкладки*/ программной кнопки 1. Нажмите **Sweep** > ***Sweep Timing***.	С помощью мыши 1. Щелкните правой кнопкой мыши по метке оси X или по области диапазона испытательного сигнала под координатной сеткой. 2. Нажмите **Sweep Setup...** 3. Выберите вкладку **Timing**.

Справка диалогового окна Sweep Setup (Настройка развертки)

Команды программирования

Временные параметры

Sweep Time (Время развертки): **то же**, что и **справка программной вкладки Sweep Time (Время развертки).**

Dwell Time (Ожидание): **задает время, в течение которого источник остается в каждой точке измерения перед тем, как анализатор соберет данные. Применяется только к пошаговой развертке. Максимальная длительность ожидания составляет 20 секунд.**

Sweep Delay (Задержка развертки): задает время ожидания до начала сбора данных по каждому сегменту. Эта задержка прибавляется ко времени ожидания (для каждой точки) и к задержке внешнего триггера, если она включена.

Fast Sweep (Быстрая развертка): отсутствует у моделей N5264B и N523xB. Если этот флажок установлен, в режиме свипирующей развертки время стабилизации источника анализатора в контурах регулирования как частоты, так и мощности (ALC) будет сокращено. В режиме пошаговой развертки время стабилизации будет сокращено во ВСЕХ точках данных. Это практически удваивает скорость развертки при предварительно заданных условиях, но за счет точности по частоте и нескольких дБ вариации амплитуды. Для измерений с соотношениями, например измерений S-параметров, эти погрешности значительно ухудшают соотношения.

- По умолчанию быстрая развертка всегда отключена для обеспечения максимальной точности и стабильности.
- Быстрая развертка не допускается при включенном лимите мощности.
- Примечание. Нормируемые рабочие характеристики НЕприменимы при быстрой развертке.

Режим развертки

Auto (Автоматически): автоматическое регулирование времени развертки и времени ожидания. Если установлен флажок для Auto Sweep Time (Определять время развертки автоматически), изменение вручную времени развертки и ожидания невозможно.

Stepped (Пошаговая): если этот флажок установлен (пошаговая развертка), источник сигнала анализатора настраивается, затем выдерживает заданное время ожидания, затем собирает данные ответного сигнала, после чего настраивается на следующую точку по частоте. Это медленнее, чем свипирующая развертка, но дает более высокую точность при тестировании устройств с большой электрической длиной.

Если этот флажок снят (свипирующая развертка), анализатор собирает ответные сигналы от источника В ПРОЦЕССЕ свипирования источника. Развертка в этом случае осуществляется быстрее пошаговой, однако при тестировании устройств с большой электрической длиной возможны погрешности измерения.

Если флажок диалогового окна снят, анализатор может находиться как в свипирующем, так и в пошаговом режиме. Режим может быть различным от одного цикла свипирования к другому. Определить, находится ли анализатор в данный момент в режиме свипирующей или пошаговой развертки, невозможно. Если вы хотите быть уверены, в каком режиме осуществляется текущий цикл свипирования, переключитесь в режим пошаговой развертки.

Пошаговая развертка выбирается автоматически по ряду причин. Вот некоторые из них:

- ширина полосы ПЧ составляет 5 кГц или менее;
- корректировка мощности источника включена, кроме случаев измерения незатухающей волны;
- если включено два источника и более (модели VNA с несколькими источниками);
- в случаях, когда пошаговый режим является более быстрым способом сбора данных;
- для всех измерений FOM и FCA;
- для всех измерений ADC;
- для всех измерений миллиметровых волн.

Порядок развертки

Примечание. Данная функция отсутствует у M948xA и E5080A.

Standard Sweep (Стандартная развертка): если этот флажок установлен, анализатор выполняет свипирование по всем точкам данных для всех портов источника по очереди. Для 2-портового анализатора это означает, что все точки данных свипируются в прямом направлении, а затем — в обратном. Даже если параметры обратной развертки (S22 или S12) НЕ отображаются, обратные измерения необходимы, если полная 2-портовая калибровка используется для корректировки канала. Этот алгоритм используется по умолчанию.

Point Sweep (Развертка по точкам): доступно ТОЛЬКО для каналов со стандартными S-параметрами. Если этот флажок установлен, анализатор измеряет все параметры в каждой точке по частоте до перехода к следующей частоте. Отображаемый график обновляется после измерений в каждой точке данных.

- Развертка по точкам обычно замедляет процесс, она полезна лишь в редких случаях.
- Развертка по точкам аналогична режиму пошаговой развертки у моделей 8510 и 8530.

Настройка триггера

Триггер (сигнал запуска) — это сигнал, при получении которого анализатор выполняет цикл свипирования с измерениями. Функция триггера анализатора имеет множество гибких настроек.

Просмотрите интерактивную анимацию «Модель триггера», чтобы понять, как работают триггеры.

- Порядок настройки триггеров
- Источник
- Область действия
- Настройки каналов
- Перезапуск
- Внешние и вспомогательные триггеры (отдельная тема)

См. другие разделы темы «Настройка измерений»

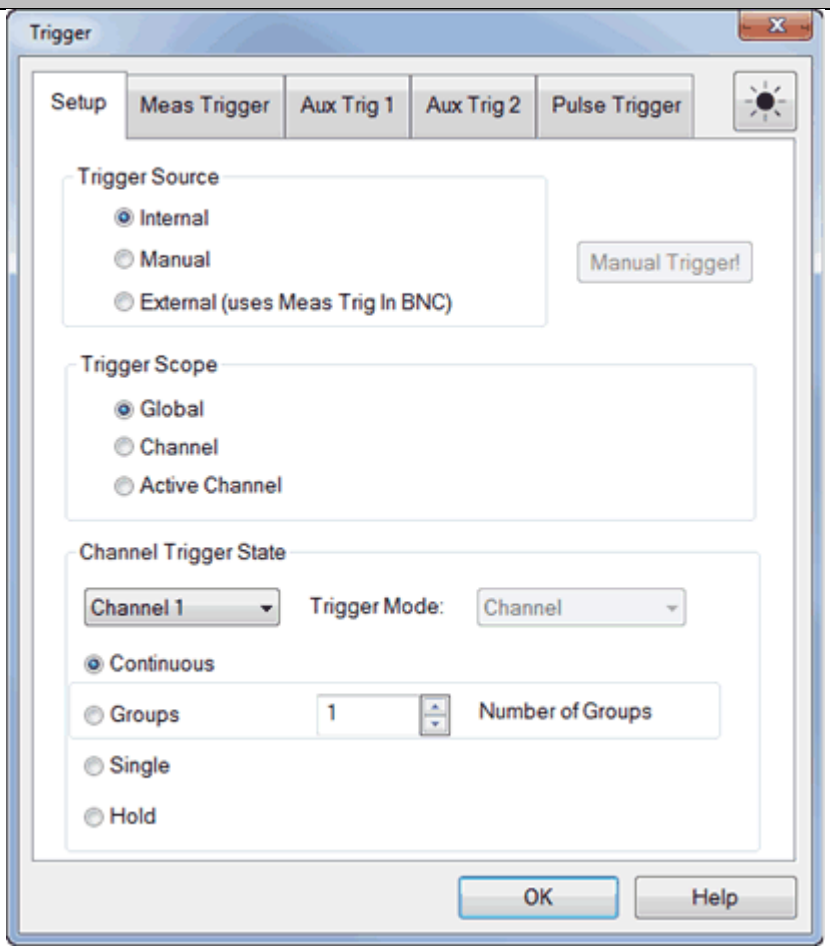
Порядок настройки триггеров

С помощью аппаратной клавиши/ *программной вкладки*/программной кнопки	С помощью мыши
1. Нажмите **Trigger** > ***Main*** > **Trigger...**	1. **Щелкните правой кнопкой по ярлыку** Trig **или** Meas **на панели состояния.** 2. Выберите **Trigger...**

Команды программирования

Примечание. Настройки **Continuous (Постоянный)**, **Single (Однократный)** и **Hold (Удержание)** применяются только к активному каналу. Эти настройки могут быть сделаны с помощью меню Trigger (Триггер), клавиш активного вода и сенсорных клавиш.

Справка диалогового окна **Trigger Setup (Настройка триггеров)**



Trigger Source (Источник сигнала запуска)

Эти настройки определяют **место,** откуда подаются триггеры для всех имеющихся каналов. Действительный триггер может быть сгенерирован, только когда анализатор не работает в режиме развертки.

Internal (Внутренний): непрерывные сигналы запуска посылаются анализатором непосредственно по завершении предшествующего измерения.

Manual (Ручной): один сигнал запуска посылается нажатием кнопки Trigger, а также активной панелью инструментов или программной командой.

External (uses MEAS TRIG IN BNC) (Внешний, с использованием соединителя MEAS TRIG IN BNC): сигналы запуска посылаются или принимаются от различных разъемов на задней панели. Подробнее о внешних и вспомогательных триггерах.

External (uses Pulse3) (Внешний, с использованием соединителя Pulse3): сигналы запуска проходят внутреннюю маршрутизацию без необходимости соединения кабелем выхода Pulse 3 с входом MEAS TRIG IN на задней панели.

Manual Trigger! (Ручной триггер): позволяет вручную отправить один сигнал запуска на анализатор. Кнопка доступна ТОЛЬКО при выборе ручного триггера.

Trigger Scope (Область действия триггера)

Эти настройки определяют, **что** будет включено с помощью триггера.

Global (Глобально): сигнал запуска получают все каналы, не находящиеся в режиме удержания [настройка по умолчанию].

Channel (Канал): сигнал запуска получает только ближайший канал, не находящийся в режиме удержания. Полезно лишь в случае, если в настройке Trigger Source выбрано Manual. Эта настройка включает режим точечной развертки.

Active Channel (Активный канал): сигнал запуска отправляется только в активный канал. Активный канал не изменяется.

Channel Trigger State (Состояние триггера канала)

Эта настройка определяет, **сколько** сигналов включения может принять канал.

Continuous (Непрерывное): канал принимает неограниченное число сигналов запуска.

Groups (Группы): канал принимает только то число сигналов, которое указано в поле Number of Groups (Число групп), после чего переходит в режим удержания. Прежде чем выбирать группы, необходимо ввести в поле Number of Groups значение, большее единицы.

Number of Groups (Число групп): задает число сигналов запуска, принимаемых каналом до перехода в режим удержания. В режиме точечной развертки вся развертка считается одной группой.

Сначала введите нужное количество, затем поставьте флажок для Groups.

Single (Одиночный): канал принимает ОДИН сигнал запуска, после чего переходит в режим удержания.

Другой способ запустить однократное измерение — выбрать Manual для настройки Trigger Source и затем отправить **ручной триггер**. Однако при этом происходит однократное срабатывание триггера во ВСЕХ каналах.

Hold (Удержание): канал не принимает сигналов запуска.

Trigger Mode (Режим триггера)

Эти настройки определяют, что запускает КАЖДЫЙ из сигналов.

Режимы **Sweep (Развертка)** и **Point (Точка)** будут доступны ТОЛЬКО в том случае, если выполняются оба условия: Trigger Source = MANUAL или EXTERNAL **И** Trigger Scope = CHANNEL.

- **Channel (Канал):** каждый сигнал запуска приводит к тому, что для **ВСЕХ графиков** в данном канале выполняется свипирование в порядке, указанном ниже.
- **Point (Точка):** каждый ручной или внешний сигнал запуска запускает измерение в одной точке данных. Последующие сигналы запуска выполняют то же самое с другими точками графика до его конца, затем производится свипирование для других графиков в том же канале в порядке, описанном ниже. При групповом или одиночном триггере счетчик уменьшается на единицу после того, как будут измерены ВСЕ точки данных ВСЕХ графиков в канале. См. также индикатор (точечной) развертки и пример запуска SCPI, где описан порядок использования внешнего сигнала.

  Для измерений анализатора спектра со стробированием **точка** не означает точку данных. Она означает следующий сбор данных с использованием гетеродина. В случае анализатора спектра при каждом смещении гетеродина происходит регистрация собранных данных. Время каждого сбора данных с использованием гетеродина зависит от размера записи ADC и времени на каждый замер ADC (10 нс).
- **Trace (График):** доступно только при выборе точечной развертки. Каждый сигнал запуска отдельно запускает два идентичных измерения — для каждого измерения требуется один сигнал запуска. Иные настройки режима триггера приводят к одновременному измерению двух идентичных параметров. Режим триггера Trace НЕ допускается, если в канале используется калибровка S-параметра по 2 и более портам.
- **Sweep (Развертка):** каждый ручной или внешний сигнал запуска приводит к выполнению свипирования для **ВСЕХ графиков, имеющих общий порт источника,** в порядке, указанном ниже. При групповом или одиночном триггере значение счетчика уменьшается на единицу после того, как свипирование будет выполнено по ВСЕМ графикам во ВСЕХ направлениях.

  Если включена коррекция по нескольким портам, требующая свипирования в нескольких направлениях, графики на экране не будут обновляться до тех пор, пока не будет выполнено свипирование по всем необходимым направлениям. Например, при отображении всех четырех S-параметров для 2 портов:

- Если включена полная 2-портовая корректировка, триггер 1 не вызывает обновления графиков, триггер 2 вызывает обновление ВСЕХ S-параметров. Подробнее о циклах свипирования с включенной коррекцией.
- Если коррекция отключена, триггер 1 вызывает обновление параметров S11 и S21, а триггер 2 — параметров S22 и S12.

Порядок свипирования графиков

Для ВСЕХ режимов триггера сигналы запуска продолжат поступать в тот же канал до тех пор, пока не будут обработаны все графики в этом канале. После этого триггер перейдет на следующий канал, не находящийся в режиме удержания. Свипирование графиков в пределах каждого канала всегда производится в следующем порядке:

- свипирование графиков производится последовательно, в порядке портов источников. Например, в канале со всеми четырьмя S-параметрами для 2 портов сначала производится одновременное свипирование графиков порта источника 1 (S11 и S21). После этого производится одновременное свипирование графиков порта источника 2 (S22 и S12);
- кроме того, при выборе попеременного свипирования производится последовательное свипирование графиков в порядке «порт источника / порт приемника». В вышеприведенном примере будет сначала выполнено свипирование графика S11, затем S21, затем S12 и затем S22.

Restart (Перезапуск) (доступно только из меню Trigger): каналы, находящиеся в режиме удержания, переводятся в режим одиночного триггера (канал принимает одиночный сигнал запуска). Все прочие настройки остаются неизменными, включая уменьшение групп триггеров.

См. также

- Внешние и вспомогательные триггеры

Внешние триггеры

Внешние и вспомогательные триггеры используются для синхронизации включения анализатора с другим оборудованием.

Примечание. Если внешний источник сконфигурирован как внешнее устройство, PNA будет автоматически управлять всеми настройками триггеров. В этом случае ЗАПРЕЩАЕТСЯ выполнять дополнительные настройки триггеров. Подробнее.

- Общие сведения
- Выполнение настроек триггеров:
  - Вспомогательные триггеры
  - Диалоговое окно Meas Trig (IN)
  - Импульсные триггеры

См. также

- Внутренние триггеры
- Импульсные триггеры (отдельная тема)

Общие сведения

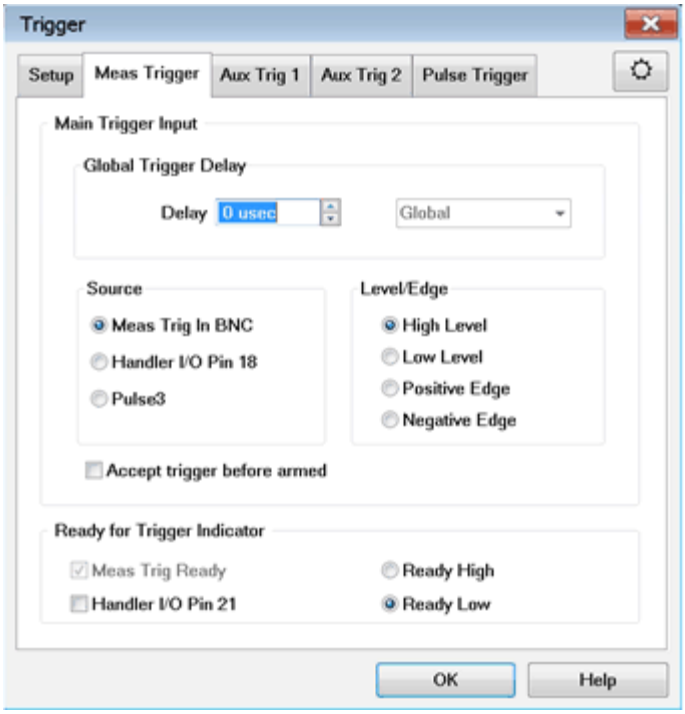
Сигналы готовности и сигналы запуска

Сигнал готовности к запуску отличается от сигнала запуска. Сигнал готовности показывает, что прибор, посылающий его, готов к выполнению измерений. Прибор, принимающий сигнал готовности, затем посылает сигнал запуска, указывающий, что измерение будет выполнено или уже выполнено. Обычно сигнал запуска передается прибором с меньшим быстродействием.

Подробнее о каждом из типов сигнала запуска:

- Meas Trig RDY и Meas Trig IN — эта пара сигналов проста в использовании, но имеет ограниченные возможности настройки.
- AUX TRIG OUT и AUX TRIG IN — эти две пары соединителей и сигналов предоставляют широкие возможности для настройки. Они могут быть использованы для синхронизации с любым количеством устройств и оборудования.

Справка диалогового окна **Meas (External) Trigger (Триггер для запуска измерений (внешний))**



Meas Trig RDY и Meas Trig IN

Соединители MEAS TRIG находятся на задней панели VNA.

Эти сигналы могут использоваться, когда VNA осуществляет связь с медленнодействующим механическим устройством. Обработчик материалов — это преимущественно механическое устройство, загрузка и выгрузка частей в котором занимает сравнительно много времени. Совместная работа этих сигналов при осуществлении связи происходит следующим образом:

1. VNA посылает сигнал готовности, когда он будет готов к выполнению измерений.
2. Внешнее устройство посылает сигнал запуска на VNA, когда он будет готов к выполнению измерений.
3. На входе/выходе обработчика VNA имеются дополнительные сигналы, указывающие на то, что цикл свипирования VNA завершен и что обработчик может быть настроен для следующего измерения. См. описание ввода/вывода обработчика материалов.

См. порядок доступа к диалоговому окну Trigger

Trigger Ready и Trigger IN

Соединители Trigger находятся на задней панели.

Эти сигналы могут использоваться, когда VNA осуществляет связь с медленнодействующим механическим устройством. Обработчик материалов — это преимущественно механическое устройство, загрузка и выгрузка частей в котором занимает сравнительно много времени. Совместная работа этих сигналов при осуществлении связи происходит следующим образом:

1. VNA посылает сигнал готовности, когда он будет готов к выполнению измерений.
2. Внешнее устройство посылает сигнал запуска на VNA, когда он будет готов к выполнению измерений.
3. На входе/выходе обработчика VNA имеются дополнительные сигналы, указывающие на то, что цикл свипирования VNA завершен и что обработчик может быть настроен для следующего измерения. См. описание ввода/вывода обработчика материалов.

Настройки диалогового окна

Чтобы VNA реагировал на сигналы Meas Trig IN или сигналы ввода/вывода обработчика, выберите **External** для настройки Source во вкладке Setup окна Trigger.

Кроме того, для настройки Scope во вкладке **Setup** окна Trigger выберите, будет ли применяться один внешний сигнал запуска ко ВСЕМ каналам (Global) или потребуется по одному сигналу запуска на каждый канал. Соответствующим образом применяются следующие настройки.

Main Trigger Input (Вход основного триггера)

Global / Channel Trigger Delay (Задержка триггера всех каналов / одного канала): после получения внешнего сигнала запуска начало свипирования задерживается на указанное время в сумме с собственной задержкой устройства.

- Если параметр Trigger Scope = Channel, значение задержки применяется к указанному каналу.
- Если параметр Trigger Scope = Global, одинаковое значение задержки применяется ко ВСЕМ каналам.

Source (Источник): VNA принимает входящие сигналы запуска (Trigger IN) от следующих разъемов:

- Meas Trig IN BNC (соединитель Meas Trig IN BNC)
- Handler I/O Pin 18 (ввод/вывод обработчика, контакт 18)
- Pulse3

Level / Edge (Уровень/фронт сигнала)

High Level (Высокий уровень): VNA запускается, когда он будет готов и когда сигнал TTL на выбранном входе будет иметь высокий уровень.

Low Level (Низкий уровень): VNA запускается, когда он будет готов и когда сигнал TTL на выбранном входе будет иметь низкий уровень.

Positive Edge (Положительный фронт): VNA запускается, когда он будет готов и когда на него поступит следующий положительный фронт сигнала. При такой настройке VNA будет запущен сразу после перехода в состояние готовности, когда на него поступит положительный фронт сигнала после последнего измерения.

Negative Edge (Отрицательный фронт): VNA запускается, когда он будет готов и когда на него поступит следующий отрицательный фронт сигнала. При такой настройке VNA будет запущен сразу после перехода в состояние готовности, когда на него поступит отрицательный фронт сигнала после последнего измерения.

Accept Trigger Before Armed (Принимать сигнал запуска до готовности): если этот флажок установлен, то при переходе VNA в состояние готовности он будет немедленно запущен, если с момента последнего получения данных были приняты какие-либо сигналы запуска. VNA запоминает только один сигнал запуска. Все прочие сигналы игнорируются.

- Если этот флажок снят, VNA игнорирует любые сигналы запуска до перехода в состояние готовности.
- Эта функция доступна только при выборе запуска по положительному или отрицательному фронту сигнала.
- Конфигурация этой настройки осуществляется удаленно с помощью CONTrol:SIGNal (SCPI) или ExternalTriggerConnectionBehavior (COM).

Ready for Trigger Indicator (Trigger Ready) (Индикатор готовности к запуску)

Если во вкладке Setup в окне Trigger выбрано External, то у VNA активируются обе настройки Meas Trig IN и Meas Trig Ready.

Выберите соединитель для отправки выходного сигнала VNA Ready OUT:

- Meas Trig RDY
- Handler I/O p21 (ввод/вывод обработчика, контакт 21)

Выберите полярность сигнала Ready OUT.

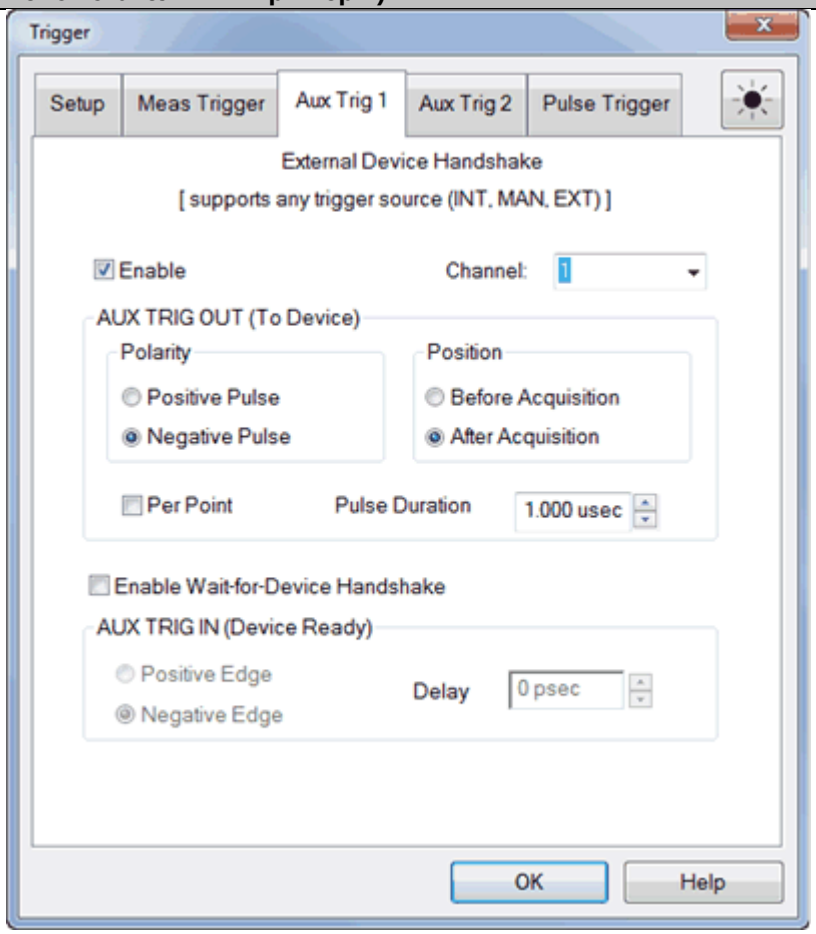
- **Ready High (Готовность при высоком уровне):** высокий уровень сигнала TTL указывает на готовность VNA к запуску.

- **Ready Low (Готовность при низком уровне):** низкий уровень сигнала TTL указывает на готовность VNA к запуску (настройка по умолчанию).

См. также

- Вкладка Pulse Trigger (Импульсный триггер)
- Порядок применения внешних триггеров в процессе калибровки

Справка диалогового окна **Aux Trig 1 - Aux Trig 2 (Вспомогательный триггер 1 — вспомогательный триггер 2)**



См. порядок доступа к диалоговому окну Trigger

Примечание. Если внешний источник сконфигурирован как внешнее устройство, VNA будет автоматически управлять всеми настройками триггеров. В этом случае ЗАПРЕЩАЕТСЯ выполнять дополнительные настройки триггеров.

AUX TRIG OUT и AUX TRIG IN

См. соединители AUX TRIG (1 и 2) на задней панели VNA.

Эти сигналы предоставляют широкие возможности для настройки. Их можно использовать со всеми типами внешних устройств для отправки и приема сигналов. Вместе с тем важно отметить, что ни один из ВХОДНЫХ сигналов Aux Trig НЕ запускает VNA. Поэтому потребуется выбрать сигнал запуска. См. шаг 2 следующей процедуры.

1. Внешний источник посылает на VNA сигнал готовности (на соединитель Aux Trig IN) после стабилизации на определенной частоте.
2. Получив сигнал готовности, VNA начинает измерение после получения сигнала запуска из указанного источника сигнала запуска:
    1.
    - **Internal (Внутренний):** измерение будет начато немедленно.
    - **Manual (Ручной):** измерение будет начато после нажатия кнопки Trigger на VNA.
    - External (Внешний): измерение будет начато после приема сигнала Meas Trig In от внешнего устройства. Эта настройка должна быть выполнена независимо.
3. Сигнал Aux Trig OUT может быть настроен для передачи либо непосредственно ПЕРЕД измерением, либо ПОСЛЕ завершения измерения. Если связь осуществляется ТОЛЬКО с внешним источником, сигнал Aux Trig OUT должен передаваться ПОСЛЕ завершения измерения, что будет указывать, что внешний источник может настраиваться для следующего измерения.

Настройки диалогового окна

Вкладки Aux Trig 1 и Aux Trig 2 идентичны. Предусмотрены две пары соединителей, позволяющие одновременно управлять двумя внешними устройствами.

Enable (Задействовать): поставьте этот флажок, чтобы использовать соединитель Aux1 или Aux2 для передачи сигнала на внешнее устройство.

Channel (Канал): эта настройка управляется настройкой предпочтений VNA.

- **Global (Глобально):** ВСЕ настройки Aux Trig применяются ко ВСЕМ каналам. Настройка Per Point (см. ниже) выполняется во вкладке Setup окна Trigger и также применяется ко ВСЕМ каналам.
- **Channel (Канал):** ВСЕ настройки Aux Trig применяются к указанному каналу. Конфигурация каждого канала может быть настроена независимо от других каналов.

AUX TRIG OUT (To Device) (Сигнал AUX TRIG OUT (к устройству))

Следующие настройки управляют выходными сигналами от разъемов на задней панели AUX TRIG OUT (1 и 2):

Polarity (Полярность)

Positive Pulse (Положительный импульс): исходящий импульс — положительный.

Negative Pulse (Отрицательный импульс): исходящий импульс — отрицательный.

Position (Положение)

Before Acquisition (До получения данных): импульс посылается непосредственно **перед** началом сбора данных.

After Acquisition (После получения данных): импульс посылается сразу же **после** завершения сбора данных.

Per Point (По точкам): при установке этого флажка сигнал запуска будет посылаться для каждой точки данных. При снятии флажка сигнал запуска будет посылаться для каждого цикла свипирования.

Если для Aux Trig выбрана предпочтительная настройка VNA Global, во вкладке Setup окна Trigger устанавливается настройка по точкам. Затем она применяется ко ВСЕМ каналам. При наличии нескольких каналов используется последняя сделанная настройка канала.

Pulse Duration (Длительность импульса): задает длительность положительного или отрицательного выходного импульса триггера.

Enable Wait-for-Device Handshake (Включить квитирование ожидания устройства)

Если этот флажок установлен, то перед тем, как начать сбор данных, VNA будет в течение неограниченного времени ожидать, пока сигнал во входной линии разъемов на задней панели AUX TRIG IN (1 и 2) не изменится до заданного уровня. Этот сигнал показывает, что внешнее устройство готово к сбору данных VNA. Если сигнал поступит до того, как VNA будет готов к сбору данных, он фиксируется (запоминается).

Если этот флажок снят, VNA не будет ожидать, а будет выдавать сигналы запуска, когда VNA будет готов.

Этот сигнал НЕ запускает VNA. Сигнал запуска генерируется источниками сигнала запуска: внутренним, ручным или внешним.

IN (READY) (ВХОД (ГОТОВНОСТЬ))

Positive Edge (Положительный фронт): VNA реагирует на фронт нарастания импульса во входном разъеме Aux1 или Aux2.

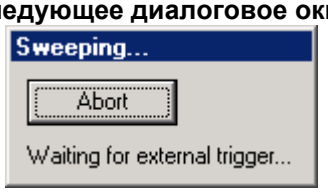
Negative Edge (Отрицательный фронт): VNA реагирует на фронт спада импульса во входном соединителе Aux1 или Aux2.

Delay (Задержка): время, в течение которого VNA ожидает после получения квитирования на входе до начала сбора данных.

См. также

- Импульсные триггеры

Примечание. **Управляемая и неуправляемая калибровка МОЖЕТ выполняться в режиме внешнего триггера. При таком варианте работы, если для параметра Trigger Source (Источник сигнала запуска) задано External (Внешний), сигналы запуска должны посылаться для циклов свипирования для калибровки. Это не относится к калибровкам FCA. Может быть задано предпочтение выполнять калибровку, используя внутренние сигналы запуска, в то время как параметр Trigger Source будет иметь значение External. Во время ожидания внешнего сигнала запуска на экране появится следующее диалоговое окно.**



Нажмите Abort (Прервать)**, чтобы отменить ожидание сигнала запуска.**

Формат данных

Формат данных — это способ графического представления анализатором результатов измерений. Выберите формат данных, соответствующий информации, которую вы хотите получить о тестируемом устройстве.

- Порядок задания формата
- Отображение в прямоугольных (декартовых) координатах
- Отображение в полярных координатах
- Диаграмма Смита
- Температура

См. другие разделы темы «Настройка измерений»

Порядок задания формата отображения

С помощью аппаратной клавиши/ *программной вкладки*/программной кнопки	С помощью мыши
1. Нажмите **Format (формат)**> ***Format 1*** или ***Format 2***.	1. Щелкните правой кнопкой мыши по области статуса графика над координатной сеткой. 2. Нажмите **Format**. 3. Выберите требуемый формат.

Команды программирования

Справка диалогового окна Format (Формат)		
Щелкните по ссылке, чтобы получить сведения об указанном формате:		
Log Mag (Логарифмическая амплитуда)	Polar (Полярные координаты)	Kelvin (Градусы по шкале Кельвина)
Phase / Unwrapped Phase (Фаза / развернутая фаза)	Linear Mag (Линейная амплитуда)	°F (Градусы по шкале Фаренгейта)
Group Delay (Групповое время запаздывания)	SWR (Коэффициент стоячей волны (КСВ))	°C (Градусы по шкале Цельсия)
Smith / Inverse Smith Chart (Прямая / инвертированная диаграмма Смита)	Real (Действительная часть)	
	Imaginary (Мнимая часть)	

Единицы измерения в форматах

Выбор единиц измерения возможен только в следующих форматах:

Логарифмическая амплитуда — возможный выбор:

- dBm (дБм, мощность)
- dBmV **(дБмВ, децибел относительно милливольт) — используется для измерений приемников без соотношений.**
- dBmA (дБмА, децибел относительно миллиампер) — используется для измерений приемников без соотношений.

Линейная амплитуда — возможный выбор:

- **W (ватт), V (вольт), A (ампер)**

Отображение в прямоугольных (декартовых) координатах

В семи из девяти имеющихся форматов данных для представления результатов измерений используется прямоугольная система координат. Она также известная как декартова, X/Y или прямолинейная система. Отображение в прямоугольных координатах особенно удобно для четкого отображения частотной характеристики тестируемого устройства.

- На оси X с линейным масштабом отображаются параметры испытательного сигнала (частота, мощность или время).
- Результаты измерений отображаются по оси Y.

Логарифмическая амплитуда

- Отображение амплитуды (без фазы)
- Ось Y: дБ
- Типичные измерения:
  - Потери на отражение
  - Вносимые потери или вносимое усиление

Фазовый формат

Служит для измерения фазы сигнала относительно опорной калибровочной плоскости в диапазоне +/–180°.

- Отображение фазы (без амплитуды)
- Ось Y: фаза (в градусах)
- График «свертывается» через каждые 180° для облегчения масштабирования.
- Типичные измерения:
  - Отклонение от линейной фазовой характеристики

Развернутая фаза

- Тот же формат, что и фаза, но без свертывания через 180°.

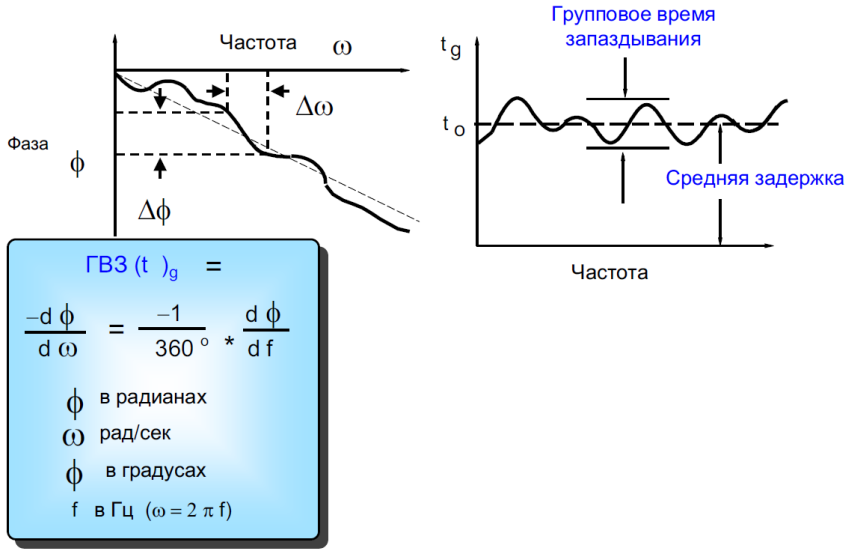
Примечание. Фаза развертывается путем сравнения фазы в двух соседних точках данных. Если разность фаз в двух точках превышает 180° или если фаза в первой точке данных больше 180° относительно начала координат, возможно, что измерение фазы выполнено НЕТОЧНО.

Групповое время запаздывания

- Служит для отображения времени передачи (распространения) сигнала через устройство
- Ось Y: время в секундах
- Типичные измерения:

- Групповое время запаздывания

Измерение группового времени запаздывания (ГВЗ) основано на фазовых измерениях. Групповое время запаздывания рассчитывается по формуле ниже:



См. также:

Точность измерения фазы

Линейная амплитуда

- В данном формате отображаются только положительные значения.
- Ось Y: безразмерные единицы (U) для измерений с соотношениями.
  Ватты (W) для измерений без соотношений.
- Типичные измерения:
  - Коэффициенты отражения и передачи (абсолютное значение)
  - Передача во временной области

КСВ

- Служит для отображения результатов измерения отражения, рассчитанных по формуле (1+ρ)/ (1-ρ), где ρ — коэффициент отражения.
- Действительно только при измерениях отражения.
- Ось Y: безразмерные единицы
- Типичные измерения:
  - КСВ

Действительная часть

- В данном формате отображается только действительная (резистивная) часть измеренных комплексных данных.
- Могут отображаться как положительные, так и отрицательные значения.
- Ось Y: безразмерные единицы
- Типичные измерения:
  - Временная область
  - Вспомогательный служебный сигнал входного напряжения

Мнимая часть

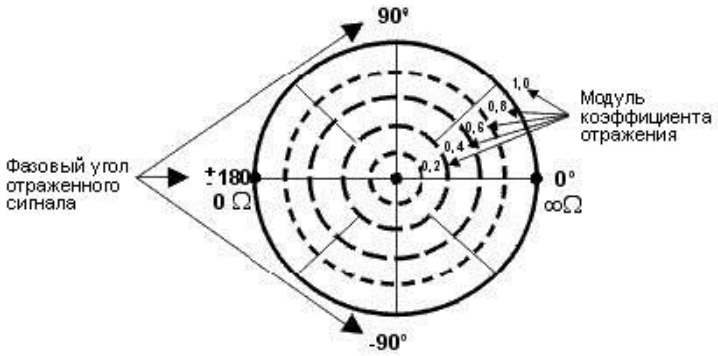
- В данном формате отображается только мнимая (реактивная) часть измеренных комплексных данных.
- Ось Y: безразмерные единицы
- Типичные измерения:
    - Импеданс для расчета согласующей цепи

Формат полярных координат

Формат полярных координат используется для просмотра амплитуды и фазы коэффициента отражения (Γ) при измерении параметров S11 или S22.

Могут использоваться маркеры для отображения следующего:

- линейной амплитуды (в единицах измерения) или логарифмической амплитуды (в дБ);
- фазы (в градусах).



- Пунктирные окружности представляют коэффициент отражения. Внешняя окружность представляет коэффициент отражения (Γ), равный 1, или полностью отраженный сигнал. Центр окружности представляет коэффициент отражения (Γ), равный 0, или отсутствие отраженного сигнала.
- Радиальные линии представляют фазовый угол отраженного сигнала. Крайнее правое положение соответствует нулевому фазовому углу (то есть отраженный сигнал имеет ту же фазу, что и входящий). Разность фаз 90°, ±180° и –90° соответствует верхнему, крайнему левому и нижнему положениям в полярных координатах соответственно.

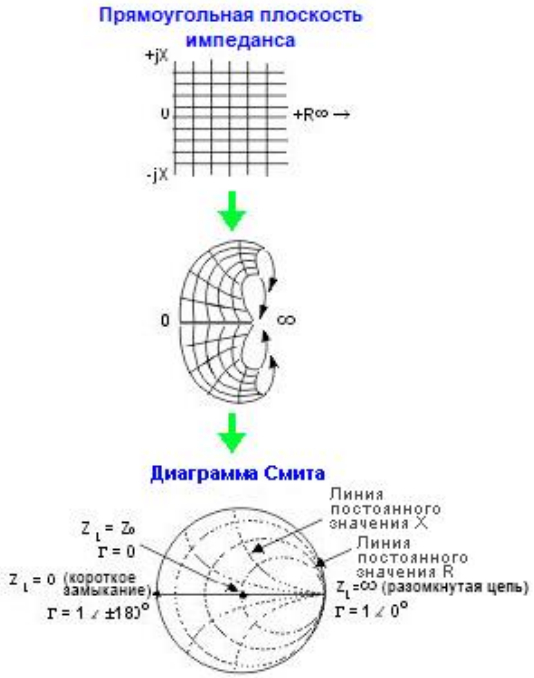
Формат диаграммы Смита

Диаграмма Смита — это инструмент для сопоставления комплексного коэффициента отражения (Γ) импедансу устройства.

На диаграмме Смита прямоугольная плоскость импеданса преобразуется по форме в круговую сетку, в которой могут считываться последовательное активное сопротивление и реактивное сопротивление (R + jX).

Могут использоваться маркеры для отображения следующего:

- активного сопротивления (в омах);
- реактивного сопротивления в виде эквивалентной емкости (в фарадах) или индуктивности (в генри).

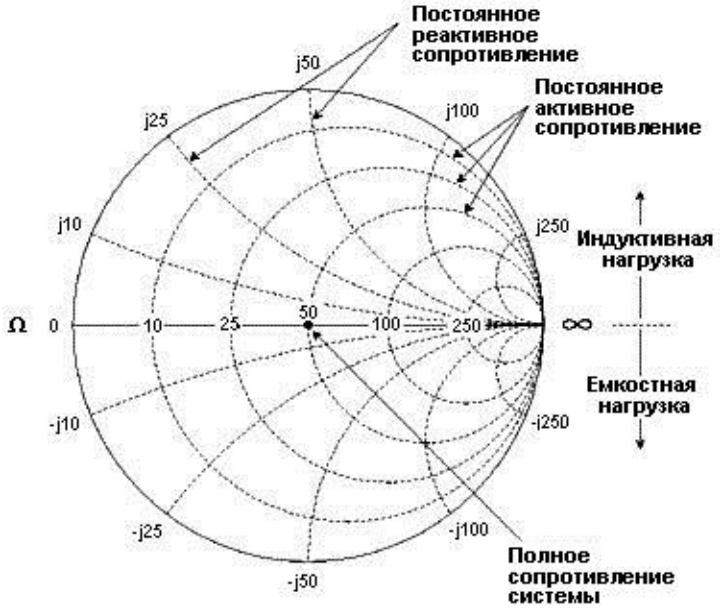


Инвертированная диаграмма Смита (также называемая диаграммой адмиттанс)

То же, что и стандартная диаграмма Смита, за исключением того, что:

- сетка построения графика разворачивается справа налево;
- отображается адмиттанс (в сименсах) вместо импеданса.

Интерпретация диаграммы Смита



- Каждая точка диаграммы Смита представляет комплексный импеданс, состоящий из действительного активного сопротивления (r) и мнимого реактивного сопротивления (r+-jX).
- Горизонтальная ось (сплошная линия) — это действительная часть импеданса, то есть активное сопротивление. Середина горизонтальной оси всегда равна опорному импедансу измерительной системы. С правой стороны оси значение в омах уходит в бесконечность (соответствует разомкнутой цепи). С левой стороны оси значение равно нулю ом (соответствует короткому замыканию).
- Пунктирные окружности, пересекающие горизонтальную ось, представляют собой постоянное активное сопротивление.
- Пунктирные дуги, касающиеся горизонтальной оси, представляют собой постоянное реактивное сопротивление.
- Верхняя половина диаграммы Смита — это область, в которой реактивная компонента положительна, то есть соответствует индуктивной нагрузке.
- Нижняя половина диаграммы — это область, в которой реактивная компонента отрицательна, то есть соответствует емкостной нагрузке.

Температура в кельвинах, °F и °C

Используется для отображения температуры, в первую очередь в приложении Noise Figure (измерение коэффициента шума).

Масштаб

Настройки Scale (Масштаб), Reference Level (опорный уровень) и Reference Position (**опорн**ая позиция) (наряду с Format (Формат)) определяют вид графика с результатами измерений на дисплее VNA.

- Масштаб, опорный уровень и опорная позиция
- Связывание масштабов
- Режим увеличения и предпочтительный масштаб
- Электрическая задержка (отдельная тема)
- Смещение амплитуды и скорость нарастания амплитуды
- Смещение фазы (отдельная тема)

См. другие разделы темы «Настройка измерений»

Масштаб, опорный уровень и опорная позиция

Настройки Scale (Масштаб), Reference Level (Опорный уровень) и Reference Position (Опорная позиция) (наряду с Format (Формат)) определяют вид графика с результатами измерений на дисплее VNA.

Порядок задания масштаба, опорного уровня и опорной позиции

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки

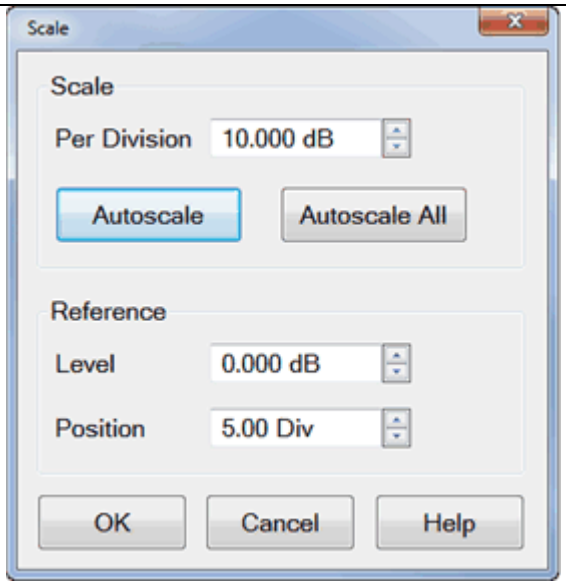
1. Нажмите **Scale** > ***Main*** > **Scale** / **Reference Level** / **Reference Position** соответственно для опорного уровня или опорной позиции.
2. Введите требуемое значение.

С помощью мыши

1. Щелкните правой кнопкой мыши по подписи к оси Y или по метке **статуса графика** над координатной сеткой.
2. Выберите **Scale...**

Команды программирования

Справка диалогового окна Scale (Масштаб)



Примечание. Настройки масштаба задаются для связывания с другими графиками в каждом окне. В описании следующих настроек предполагается, что связывание масштабов отключено. Подробнее о связывании масштабов.

Scale (Масштаб)

Per Division (На деление): выберите цену деления по вертикальной оси при отображении в прямоугольных координатах. В форматах полярных координат и диаграммы Смита данная настройка задает цену деления по внешней окружности. Диапазон: 0,001–500 дБ на деление.

Совет: щелкните по меткам оси Y и измените масштаб (с заданным шагом), покрутив колесико мыши. Либо щелкните правой кнопкой мыши по подписи к оси Y, чтобы изменить масштаб.

Autoscale (Автомасштабирование): щелкните, чтобы автоматически определить цену деления по вертикальной оси и опорное значение, соответствующие АКТИВНОМУ графику с результатами измерений в координатной сетке на экране. Это не влияет на параметры испытательного сигнала и опорную позицию.

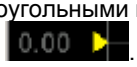
Анализатор определяет минимальный возможный коэффициент масштабирования, который позволит разместить все отображаемые данные в пределах 80 % сетки по вертикали.

Опорное значение выбирается так, чтобы отцентрировать график на экране.

Совет: сделайте двойной щелчок по меткам оси Y, чтобы автоматически выбрать масштаб активного графика.

Autoscale All (Автомасштабирование всех графиков): щелкните, чтобы автоматически выбирать масштаб для ВСЕХ графиков в АКТИВОМ ОКНЕ для размещения их по вертикали в координатной сетке на экране.

Reference (Опорные значения)

Level (Уровень): в форматах с прямоугольными координатами задает значение опорной линии, обозначенной на экране символами 

. Диапазон: от –500 до 500 дБ.

В полярных координатах и на диаграмме Смита опорный уровень не применяется.

Совет: щелкните по меткам оси Y и затем проведите мышью вверх или вниз, чтобы изменить опорный уровень с заданным шагом.

Position (Позиция): в формате прямоугольных координат задает положение опорной линии. Значение «0» соответствует нижней линии экрана, значение «10» соответствует верхней линии экрана. Положение по умолчанию — 5 (середина).

В полярных координатах и на диаграмме Смита опорная позиция не применяется.

Совет: щелкните по треугольнику

и затем проведите мышью вверх или вниз, чтобы изменить опорную позицию с заданным шагом.

Связывание масштабов

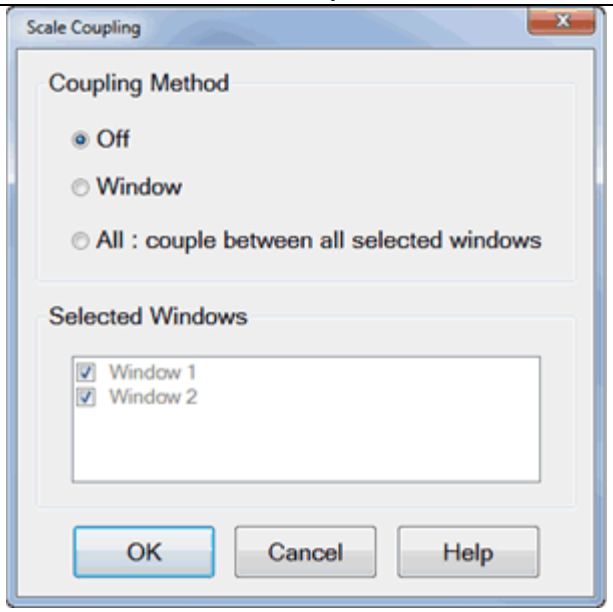
При включенной функции связывания масштабов графики, имеющие один и тот же формат, получают одинаковые масштаб, опорный уровень и опорную позицию. Можно выбрать связывание масштабов графиков, находящихся в одном окне, всех графиков во всех окнах либо отключить связывание.

Порядок задания связывания масштабов

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки	С помощью мыши
1. Нажмите **Scale** > ***Main*** > **Scale Coupling...**	1. Щелкните правой кнопкой мыши по подписи к оси Y. 2. Выберите **Scale Coupling...**

Команды программирования

Справка диалогового окна Scale Coupling (Связывание масштабов)



Позволяет присвоить графикам, имеющим одинаковый формат, один и тот же масштаб, опорный уровень и опорную позицию.

Coupling Method (Метод связывания)

Off (Выкл.): связывание не применяется. Масштабирование графиков производится индивидуально. Это настройка по умолчанию.

Window (Окно): все графики, имеющие одинаковый формат, в каждом выбранном окне получают одинаковые настройки масштаба.

All (Все): все графики, имеющие одинаковый формат, во ВСЕХ выбранных окнах получают одинаковые настройки масштаба.

- При выборе опции связывания Window или All настройки масштаба активного графика присваиваются остальным связанным графикам того же формата.

- При наличии графиков разного формата все графики одного формата получают настройки графика этого же формата, имеющего наименьший номер.
- После активации настройки масштаба для всех связанных графиков можно менять с помощью любого из связанных графиков, активного в данный момент.

Selected Windows (Выбранные окна)

Данная опция будет доступна, если выбран метод связывания Window или All. Выбранные окна участвуют в связывании масштабов. По умолчанию выбираются все окна. Чтобы исключить то или иное окно из связывания масштабов, снимите соответствующий флажок.

Об автомасштабировании и связывании масштабов

Функция Autoscale (не Autoscale All) влияет на активный график в активном окне. Все графики, связанные с ним, получают новые настройки масштаба от активного графика. В результате некоторые графики могут НЕ отображаться на экране.

Использование функции Autoscale All с методом связывания:

- Off — автоматическое масштабирование каждого графика в активном окне производится индивидуально.
- Window — все графики в каждом выбранном окне будут автоматически масштабированы с подгонкой к общему набору коэффициентов масштабирования.
- All — все графики во всех выбранных окнах будут автоматически масштабированы с подгонкой к общему набору коэффициентов масштабирования.

Режим увеличения и предпочтительный масштаб

Функция увеличения позволяет увеличить все графики в активном окне. С помощью нее может быть увеличена часть экрана с целью детального рассмотрения сигнала отклика.

Порядок увеличения графика

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки Нет	С помощью мыши 1. Щелкните левой кнопкой мыши и выделите область, которую необходимо увеличить. 2. Во всплывающем меню выберите **Magnify**.

Команды программирования

Прочие способы задания режима увеличения:

- если для настройки Zoom Preference (Предпочтительный масштаб) выбрана опция Magnify (Увеличить), режим увеличения включается движением двух пальцев в разные стороны;
- щелкните по ярлыку Magnify в верхней части экрана;
- включите режим выбора области увеличения и перетащите блок увеличения, чтобы выбрать область, после чего выберите во всплывающем меню опцию Magnify.

Если режим увеличения включен:

Движение двумя пальцами на дисплее друг к другу изменяет увеличение по осям X и Y. Если увеличение уменьшается до масштаба 1:1, режим увеличения отключается.

Движение одним пальцем по дисплею меняет опорное значение увеличенных X и Y.

Справка диалогового окна **Zoom Preference (Предпочтительный масштаб)**

С помощью диалогового окна Zoom Preference вы можете выбрать действие по умолчанию для движения двумя пальцами друг к другу из следующих четырех вариантов:

при движении по экрану двух пальцев друг к другу автоматически включается режим увеличения так, чтобы можно было увеличивать масштаб по осям X и Y. Это настройка по умолчанию;

при движении по экрану двух пальцев друг к другу изменяется масштаб по оси Y;

при движении по экрану двух пальцев друг к другу изменяется масштаб по оси Y и испытательный сигнал по оси X;

при движении по экрану двух пальцев друг к другу не выполняются никакие действия.

Смещение амплитуды

Функция смещения амплитуды позволяет смещать амплитуду (не фазу) данных на фиксированное и (или) нарастающее значение в дБ. Если выбран формат отображения линейной амплитуды или реальный формат (в безразмерных единицах), выполняется преобразование из дБ и применяется правильная величина смещения.

Порядок настройки смещения амплитуды

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки

1. Нажмите Scale > *Constants* > Mag Offset **/** Mag Slope соответственно для смещения или уклона амплитуды.

Команды программирования

Справка диалогового окна Magnitude Offset (Смещение амплитуды)
Функция смещения амплитуды позволяет смещать амплитуду (не фазу) данных на фиксированное и (или) нарастающее значение в дБ. Если выбран формат отображения линейной амплитуды или реальный формат (в безразмерных единицах), выполняется преобразование из дБ и применяется правильная величина смещения. **Настройка смещения амплитуды влияет только на активный график.** Mag Offset (Смещение амплитуды): выберите, чтобы сместить весь график с результатами измерений на заданное значение. Mag Slope (Уклон амплитуды): выберите, чтобы сместить весь график с результатами измерений на величину, зависящую от частоты. Уклон смещения начинается с частоты 0 Гц. Для удобства рассчитывается и отображается величина смещения при начальной частоте. Узнайте, где выполняется данная операция в цепочке обработки данных.

Конфигуратор тракта

Позволяет настраивать аппаратные компоненты, доступные при выбранных опциях VNA-X.

N522xB и N523x НЕ имеют конфигуратора ВЧ-тракта.

Доступ к конфигуратору тракта

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки

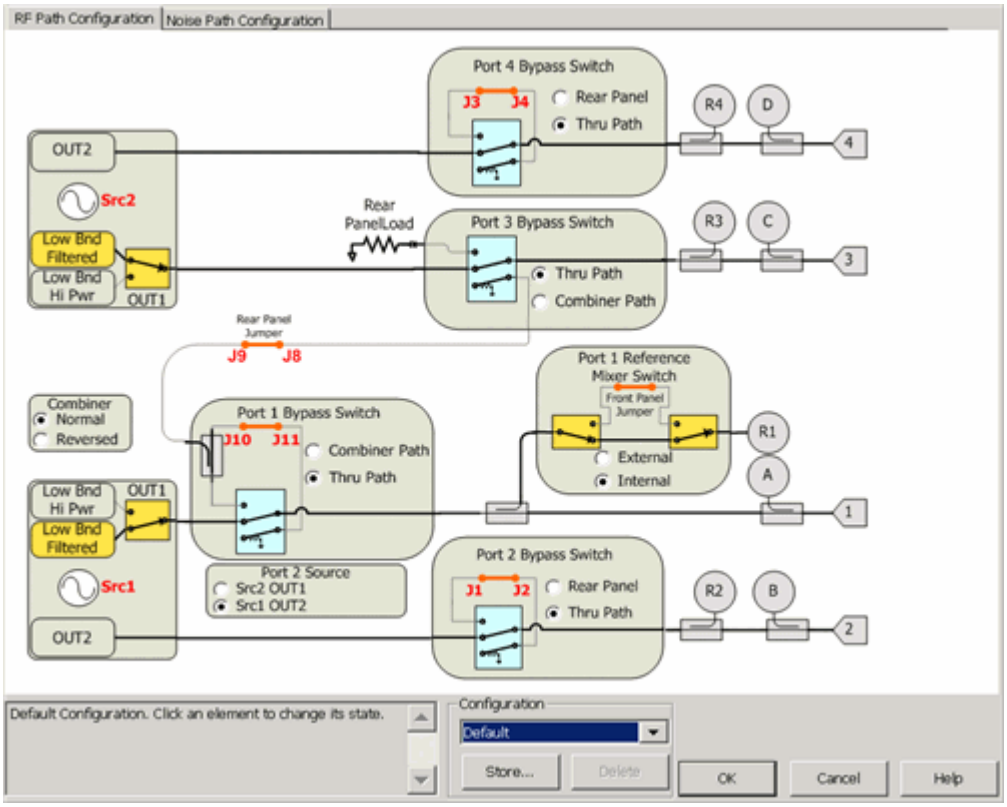
1. Нажмите **Setup** > ***Internal Hardware*** > **RF Path Config...**

С помощью меню:

1. Щелкните Instrument.
2. Выберите пункт Setup.
3. Выберите Internal Hardware.
4. Выберите RF Path Config...

Команды программирования

На следующем рисунке показана конфигурация VNA-X с опцией 423 (4-портовый, внутренний 2-й источник, сумматор и механические переключатели). В вашем VNA-X эти опции могут отсутствовать.



Справка диалогового окна Path Configuration (Конфигурация тракта)
См. вкладку Noise Figure (Коэффициент шума) диалогового окна Path Configuration. Примечание. С выбранными опциями VNA-X импульсная модуляция возможна ТОЛЬКО на выходе OUT1 источников Src 1 и Src 2. Для каждого канала можно настроить тракты с различной конфигурацией. **Configuration (Конфигурация)** В данном поле вы можете выбирать, сохранять и удалять заводские или пользовательские настройки конфигурации. Настройки сохраняются на жестком диске VNA. Данное диалоговое окно позволяет сохранять и вызывать любые настройки конфигурации. Нажмите Store (Сохранить), введите название конфигурации и нажмите OK. Текстовая область: здесь отображается текстовое описание физических подключений, необходимых для завершения настройки конфигурации. Описание заводских конфигураций НЕ может быть отредактировано. Текст с описанием сохранен как часть конфигурации. Cancel (Отмена): щелкните, чтобы закрыть диалоговое окно и вернуть настройки конфигурации в то же состояние, в котором они находились на момент открытия окна. Нажатие Cancel НЕ отменяет действия Store (Сохранить) и Delete (Удалить), выполненные в то время, пока было открыто диалоговое окно. Примечания.

- Щелкните мышью или коснитесь экрана в любом месте в пределах данного поля, чтобы пролистать доступные настройки.
- Некоторые настройки переключателей изменяют графическое отображение в других областях, кроме тех, где показан переключатель.
- Если щелчки переключателя не слышны, причины могут быть в следующем:
    - электронные переключатели обозначаются оранжевым цветом в диалоговом окне конфигурации тракта. Такие переключатели работают бесшумно. Механические переключатели обозначаются синим цветом;
    - в канале не происходит свипирование;
    - следующие настройки НЕ вызывают срабатывания переключателей, а просто указывают, как подключать кабели перемычек, рисуя красные линии в диалоговом окне:
        - сумматор (нормальный/обратный);
        - источник порта 2 (Src2 OUT1/Src1 OUT2).

  Примечание. Во избежание преждевременного износа анализатор VNA не позволяет аттенюаторам и иным механическим коммутирующим устройствам переключаться постоянно.

  Эти механические устройства настраиваются для всего канала. Если при использовании двух и более каналов уставки механических устройств НЕ одинаковы для всех каналов, развертка допускается только для АКТИВНОГО канала. Для всех остальных каналов развертка НЕ допускается (блокируется).

- Красные линии обозначают перемычки на передней или задней панели.
- Настройки Src1/Src2:
    - Low Bnd Filtered (Нижний диапазон отфильтрован) (настройка по умолчанию): уменьшает гармоники ниже 3,2 ГГц на выходе OUT1 обоих источников Src1 и Src2.
    - Настройка Low Bnd Hi Pwr (Высокая мощность нижнего диапазона) не использует фильтрацию, что повышает мощность на частотах ниже 3,2 ГГц. См. максимальную сглаженную мощность в характеристиках своей модели VNA-X.
    - Каждый источник может иметь функцию импульсной модуляции в качестве опции.
    - Примечание. Импульсная модуляция возможна ТОЛЬКО на выходе OUT1 источников Src 1 и Src 2. См. блок-схему. Ваш анализатор VNA также должен иметь импульсные опции.
- Функция Copy channel (Копировать канал) также копирует настройки конфигурации тракта.
- Конфигурация тракта сохраняется и вызывается как часть состояния прибора.

Заводские настройки конфигурации

Примечание. Вызов сохраненной конфигурации стирает МНОЖЕСТВО настроек конфигурации трактов ВЧ и ПЧ. Настройки измерений необходимо выполнять ПОСЛЕ вызова сохраненной конфигурации, а не ДО.

2-тональный порт 1 направляет сигнал от источника 2 через внутренний сумматор, чтобы создать двухтональный выходной сигнал порта 1. Используется стандартная конфигурация перемычек. Это конфигурация, используемая для создания измерений IMD.

Выходной сигнал источника 2 порта 2 (ТОЛЬКО с опцией 423) направляет сигнал источника 2 (OUT1) к порту 2 по внешнему кабелю, подключенному между разъемами J8 и J1 на задней панели. Это позволяет подавать питание от источника одновременно на порты 1 И 2. На порту 3 питание от источника ОТСУТСТВУЕТ.

Двойной источник для 2 портов (ТОЛЬКО с опцией 224) направляет сигнал источника 2 (OUT1) к порту 2 по внешнему кабелю, подключенному между разъемами J8 и J1 на задней панели. Это позволяет подавать питание от источника одновременно на порты 1 И 2. Это также позволяет проводить импульсные измерения на портах 1 и 2.

Hot S-parameters (S-параметры при включенном питании): перемычки на задней панели необходимо переставить вручную, чтобы сигнал от источника 2 можно было направить по сквозному тракту от внутреннего сумматора. Источник 2 используется для перевода AUT в компрессию, поэтому требуется наивысшая возможная выходная мощность. Сигнал источника 1, направленный по связанному тракту сумматора, используется для измерения S-параметров, поэтому достаточно слабого сигнала. Эти два сигнала объединяются, но их частоты обычно смещаются.

Индивидуальная настройка экрана анализатора

Индивидуальная настройка экрана анализатора

Экран анализатора можно настраивать индивидуально, отображая или скрывая следующие элементы индикации. Выбор всех этих опций производится в меню **Response > Display**.

- Окна (отдельная тема)
- Отображение меток
  - Статус графика
  - Метки оси Y
  - Метки оси Y
- Отображение маркеров (отдельная тема)
- Таблицы
- Панели инструментов
  - Программная клавиша
  - Аппаратная клавиша
  - Расширение порта
  - Преобразование
  - Маркер
  - Средство просмотра массива калибровочных коэффициентов
  - Строки заголовка
  - Активный ввод
  - Строки состояния
  - Системная дата и время
- Цвета дисплея (отдельная тема)
- Сетка: СПЛОШНАЯ | пунктирная
  - Линии сетки
  - Деления по оси Y
  - Показать таблицу
- Инструменты
- Цвета
- Заголовок окна
- Заголовок графика
- Частота/испытательный сигнал
- Свернуть окно приложения

См. также

См. другие разделы темы «Настройка измерений»

Метки

Могут отображаться различные метки статуса графиков, оси Y и оси X.

Как отобразить метки

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки

1. Нажмите **Display** > ***Display Setup*** > **Customize Display...**
2. Выберите вкладку **Labels**.

или

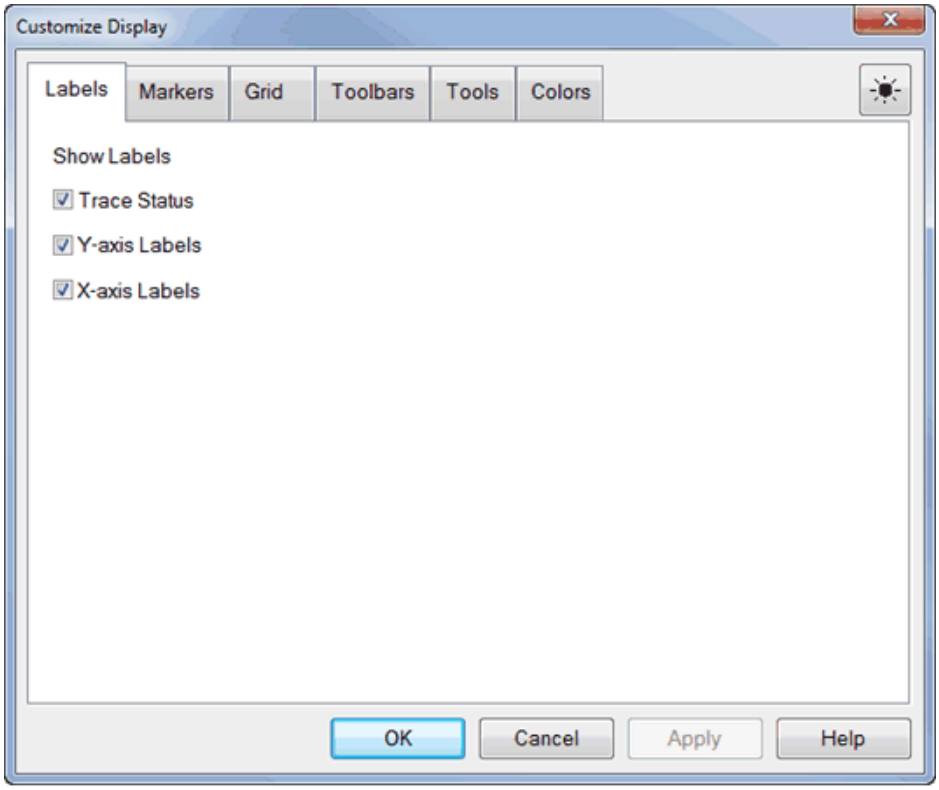
1. Нажмите **Marker** > ***Marker Setup*** > **Marker Display...**
2. Выберите вкладку **Labels**.

С помощью мыши

1. Нажмите правую кнопку мыши на любой области окна.
2. Щелкните по **Customize Display...**
3. Выберите вкладку **Labels**.

Команды программирования

Справка вкладки **Labels (Метки)** диалогового окна **Customize Display**



Show Labels (Показать метки)

Trace Status (Статус графика)

Tr 1 S11 LogM 10.00dB/ 0.00dB Tr 2 S12 LogM 10.00dB/ 0.00dB

Статус графика отображается в верхней части каждого окна.

Выделенный номер графика указывает на **активный график**.

Щелкните по заголовку, чтобы выбрать график.

В статусе графика отображается следующее:

- Номер графика (Tr x). Это номер графика в канале, а НЕ номер в окне, который используется во многих командах при программировании.
- Измеряемый параметр. Может быть заменен пользовательским названием графика.
- Формат
- Коэффициент масштабирования
- Опорный уровень

Как отобразить/скрыть статус графика.

Метки оси Y

Y-axis Labels (Метки оси Y): позволяет пользователю отображать или скрывать метки по оси Y.

Как отобразить/скрыть метки оси Y.

Метки оси X

X-axis Freq Resolution (**Разрешение частоты по оси X**): позволяет пользователю выбрать разрешение отображения частоты. Выбор из раскрывающегося списка: 6-разрядный, ГГц, МГц, кГц, Гц. Показывает разрешение в 1 Гц, но только значащие разряды.

Как отобразить/скрыть метки оси X.

Сетка

Как настроить сетку VNA и таблицы для отображения.	
В каждом окне может одновременно отображаться только одна таблица.	
С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки	С помощью мыши

1. **Нажмите** Display **>** *Display Setup* **>** Customize Display...
2. Откройте вкладку **Grid**.

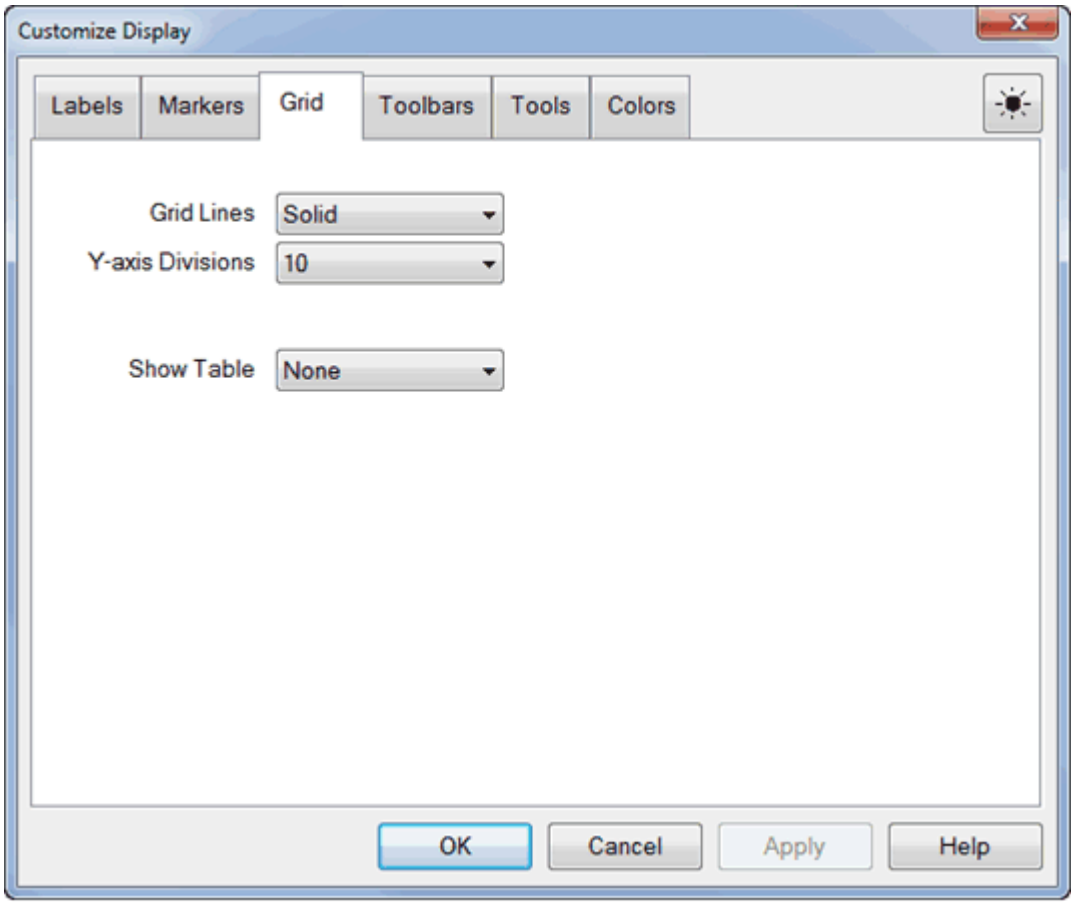
или

1. Нажмите **Marker** > ***Marker Setup*** > **Marker Display...**
2. Откройте вкладку **Grid**.

1. Нажмите правую кнопку мыши на любой области окна.
2. Щелкните по **Customize Display...**
3. Откройте вкладку **Grid**.

Команды программирования

Справка вкладки **Grid** (Сетка) диалогового окна **Customize Display**



Grid Lines (Линии сетки): Solid | Dotted (**Сплошная | Пунктирная):** задает отображение ВСЕХ линий сетки в открытом окне сплошными или пунктирными линиями. Выбранная настройка указывается ЗАГЛАВНЫМИ БУКВАМИ. После задания настройки новые окна будут созданы с использованием данной настройки. При применении к анализатору VNA предварительных настроек линии сетки вновь становятся СПЛОШНЫМИ.

Задайте цвет сетки, используя настройку Display Colors (Цвета дисплея).

Как отобразить настройки сетки

Y-axis Divisions (**Деления по оси Y):** задает требуемое количество строк по оси Y в диапазоне от 2 до 30.

Show Table (Показать таблицу)

None (Нет): **таблица не отображается.**

Marker Table (Таблица маркеров)

При выборе данной опции будет отображена таблица настроек маркеров. В число таких настроек входят:

- Количество маркеров
- Опорный маркер (для измерений разностей)
- Частота
- Время и расстояние (для измерений во временной области)
- Отклик

Limit Line Table (Таблица предельных линий)

Данная опция позволяет отображать, настраивать и изменять таблицу предельных значений настроек измерений. В их число входят:

- Тип (МИН., МАКС. или ОТКЛ.)
- Начальное и конечное значения для величины стимула
- Начальное и конечное значения отклика

Подробнее о предельных линиях.

Segment Sweep Table (Таблица сегментированной развертки)

Данная опция позволяет отображать, настраивать и изменять таблицу настроек сегментированной развертки. В их число входят:

- Состояние (вкл./выкл.)
- Начальная и конечная частоты
- Количество точек
- Ширина полосы пропускания по промежуточной частоте (при независимых уровнях)
- Уровень мощности (при независимых уровнях)
- Время развертки (при независимых уровнях)

Подробнее о сегментированной развертке.

Панели инструментов

На экране могут быть отображены различные панели инструментов, позволяющие легко настраивать и изменять параметры измерений.

Как отобразить панели инструментов

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки

1. **Нажмите** Display **>** *Display Setup* **>** Customize Display...
2. Откройте вкладку **Toolbars**.

или

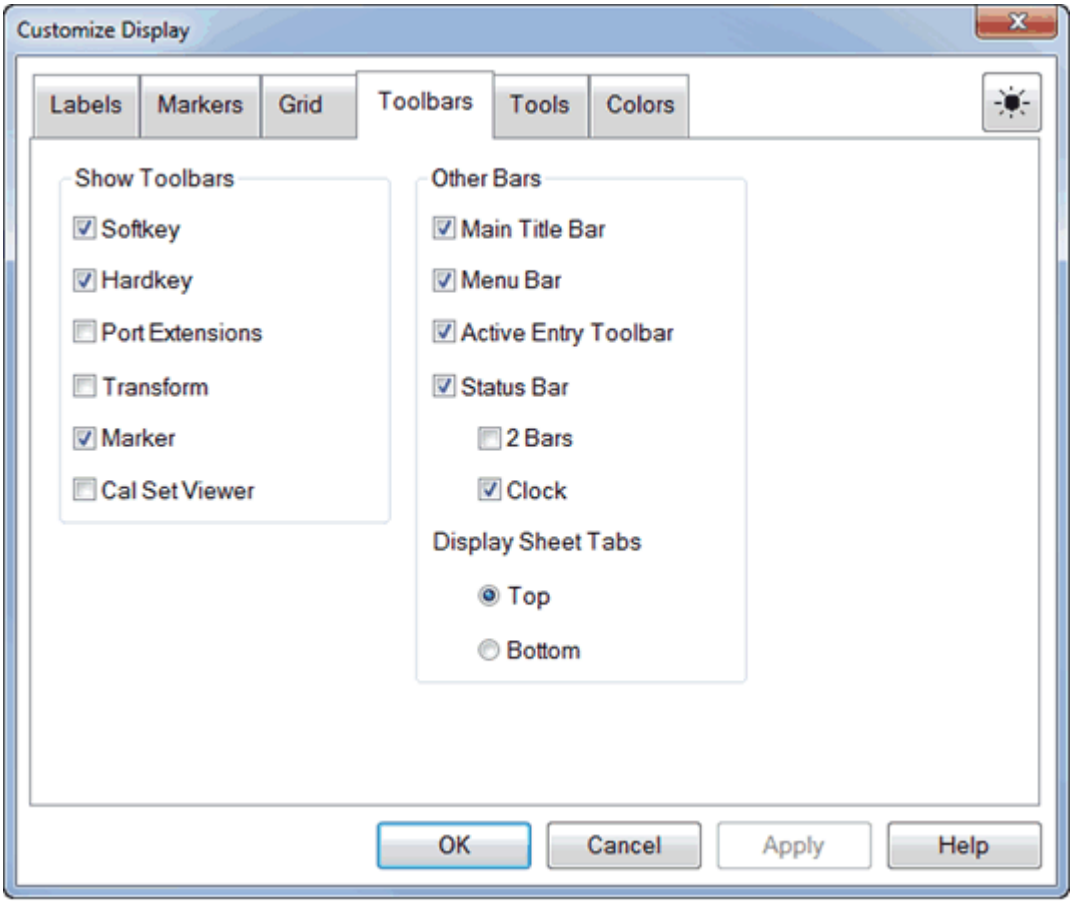
1. Нажмите **Marker** > ***Marker Setup*** > **Marker Display...**
2. Откройте вкладку **Toolbars**.

С помощью мыши

1. Нажмите правую кнопку мыши на любой области окна.
2. Щелкните по **Customize Display...**
3. Откройте вкладку **Toolbars**.

Команды программирования

Справка вкладки **Toolbars** (Панели инструментов) диалогового окна **Customize Display**



Show Toolbars (Показывать панели инструментов)

Примечание. Также имеется панель инструментов Cal Set (Массив калибровочных коэффициентов) для наблюдения за параметрами погрешности.

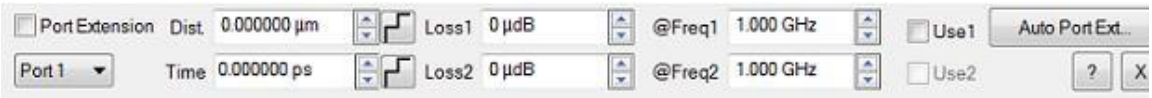
Панель инструментов Softkey (Программная клавиша)

Панель Softkey содержит сочетание программных кнопок и программных вкладок. Программные кнопки активируются автоматически при нажатии одной из аппаратных функциональных клавиш. Эта настройка позволяет отключать программные кнопки, чтобы освободить больше места на экране для результатов измерений. При нажатии любой другой аппаратной функциональной клавиши программные кнопки отобразятся вновь.

Панель инструментов Hardkey (Аппаратная клавиша)

Клавиши в данной панели инструментов также называются кнопками с передней панели. Они выполняют интерфейсные операции, аналогичные функциям клавиш INSTRUMENT, RESPONSE, STIMULUS и UTILITY на передней панели VNA.

Панель инструментов Port Extensions (Расширения порта)



Панель инструментов Port Extensions позволяет настраивать расширения порта во время просмотра графика измерений. Подробнее о расширениях портов.

Панель инструментов Transform (Time Domain) (Преобразовать (временная область))

Панель инструментов для временной области позволяет выполнять следующие действия:

- Включать и выключать **преобразование** и **стробирование**.
- Изменять время начала/завершения преобразования и стробирования.
- **More... (Подробнее...):** нажмите, чтобы открыть диалоговое окно Time Domain Transform (Преобразование во временной области).
- **?:** нажмите, чтобы отобразить файл справки.
- **X:** нажмите, чтобы закрыть панель инструментов.

Панель инструментов Markers (Маркеры)

Панель инструментов Markers позволяет настраивать и модифицировать маркеры.
В ней отображается следующая информация:

- Количество маркеров
- Величина стимула
- Функции маркера:
  - Дельта-маркер
  - Макс./мин.
  - Начальная/конечная частоты
  - Центральная частота/ширина полосы

Совет: чтобы использовать круглую рукоятку на передней панели для изменения положения маркера, сначала щелкните мышью по полю **Stimulus** (Стимул) на панели инструментов маркеров, а затем вращайте ручку.

Панель инструментов Cal Set Viewer (Средство просмотра массива калибровочных коэффициентов)

All Off (Все выключено) (НЕ применяется к программным кнопкам)

Данная опция, будучи выбранной один раз, позволяет **скрыть все панели инструментов**. К программным кнопкам данная опция НЕ применяется.

Other Bars (Другие панели)

Main Title Bar (Основной заголовок)

Основной заголовок содержит название окна VNA и пиктограммы

«Свернуть/развернуть».

- ☑ Флажок установлен: отображаются строки заголовка для всех окон VNA.
- ☐ Флажок снят: строки заголовка для всех окон VNA скрыты. Это позволяет освободить больше места для отображения результатов измерений.

Active Entry Toolbar (Панель инструментов активного ввода)

При использовании с программными кнопками данная область позволяет вводить числовые значения для настроек. С клавиатуры введите G для обозначения приставки гига-, M — мега- или милли-, K — кило- и т. д.

Status Bar (Панель строки состояния)

2 Bars (2 панели)

Поставьте флажок, чтобы строка состояния отображалась вдоль нижней границы окна VNA. В основной строке состояния отображается следующая информация:

Совет: для быстрого доступа к настройкам достаточно щелкнуть **правой кнопкой мыши** по большинству из этих элементов в строке состояния.

- Активный график
- Активный канал
- Источник сигнала запуска
- Состояние сигнала запуска канала (удержание, одиночный, непрерывный)
- Ширина полосы пропускания по промежуточной частоте
- Коррекция погрешностей для активного графика при базовой калибровке, калибровке SmartCal и калибровке всех каналов.
    - F: полная калибровка по портам, R: калибровка характеристики, —: никаких действий
- Калибровка мощности источника

- Моделирование
- Обслуживание
- Мощность ВЧ-сигнала
- Обновление дисплея
- Сообщения об ошибках
- Статус интерфейсной шины общего назначения (GPIB): локально (LCL), удаленное устройство Talker/Listener (RMT) или системный контроллер (CTL).
- Системная дата и время: могут быть включены и выключены. Как отобразить/скрыть часы VNA.

Примечание. При использовании функций управления внешней измерительной установкой или управления интерфейсом появляется вторая строка состояния.

Состояние строки состояния (включенное или выключенное) при применении к VNA предварительных настроек не меняется.

Clock (Часы) (системная дата и время)

Системные дата и время анализатора VNA могут быть отображены в крайней правой части строки состояния.

Формат: год-месяц-число часы: минуты. Изменение формата невозможно.

Чтобы скрыть часы, щелкните по ним правой кнопкой мыши и выберите **Hide Clock**.

Как задать настройки времени анализатора VNA.

Отобразить вкладки листа

Top (Вверху): вкладки листа отображаются в верхней части дисплея.

Bottom (Внизу): вкладки листа отображаются в нижней части дисплея.

Инструменты

Порядок задания настроек инструментов

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки

1. **Нажмите** Display **>** *Display Setup* **>** Customize Display...
2. Откройте вкладку **Tools**.

или

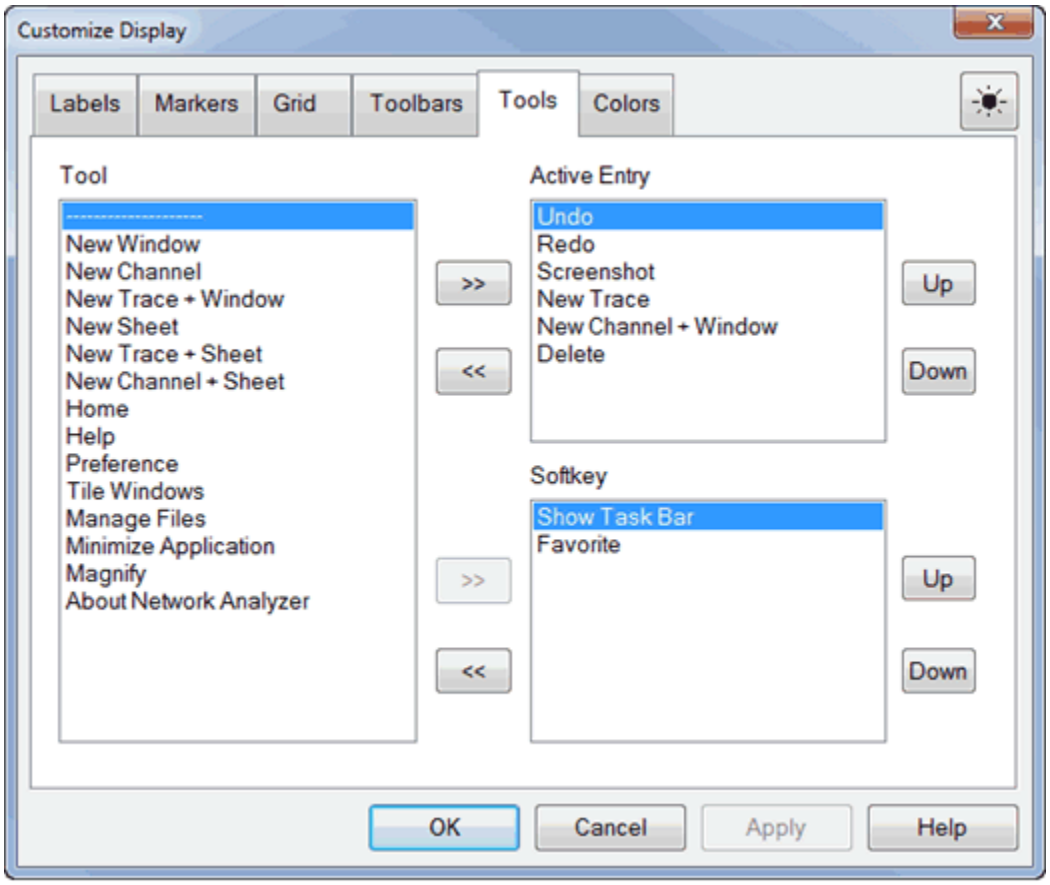
1. Нажмите **Marker** > ***Marker Setup*** > **Marker Display...**
2. Откройте вкладку **Tools**.

С помощью мыши

1. Нажмите правую кнопку мыши на любой области окна.
2. Щелкните по **Customize Display...**
3. Откройте вкладку **Tools**.

Команды программирования

Справка вкладки **Tools** (Инструменты) диалогового окна **Customize Display**



Вкладка Tools служит для создания значков быстрого доступа на панели Active Entry или панели Softkey. На панели инструментов Active Entry могут отображаться до 9 значков, в то время как на панели Softkey могут отображаться до 12 значков.

New Window — **создание нового окна.**

New Channel — **создание нового канала в активном окне.**

New Channel + Window — **создание нового графика и канала в новом окне.**

New Trace — **создание нового графика в активном окне.**

New Trace + Window — **создание нового графика в новом окне, но в том же канале.**

New Sheet — **создание нового листа.**

New Trace + Sheet — **создание нового графика на новом листе, но в том же канале.**

New Channel + Sheet — **создание нового графика и канала на новом листе.**

Home — **отображение программных кнопок главной страницы VNA.**

Favorite — **задание избранных приложений. Чтобы добавить приложение в избранные, нажмите любую программную кнопку и удерживайте ее в течение трех секунд, затем выберите желаемый номер избранного приложения (Favorite 1–3).**

Help — **вывод файла справки.**

Show Task Bar — **отображение панели задач окна.**

Preference — **отображение диалогового окна предпочтений.**

Tile Windows — размещение окон на экране рядом.

Manages Files — **управление файлами, сохраненными на диске D:\.**

Minimize Application — **восстановить экран VNA. Подробнее.**

About Network Analyzer — **отображение диалогового окна About Network Analyzer (Об анализаторе цепей).**

Undo — **возврат к предыдущей версии. Подробнее.**

Redo — **переход к последней версии. Подробнее.**

Screenshot — **сохранение снимка экрана на диске D:\.**

Delete — **удаление активного окна.**

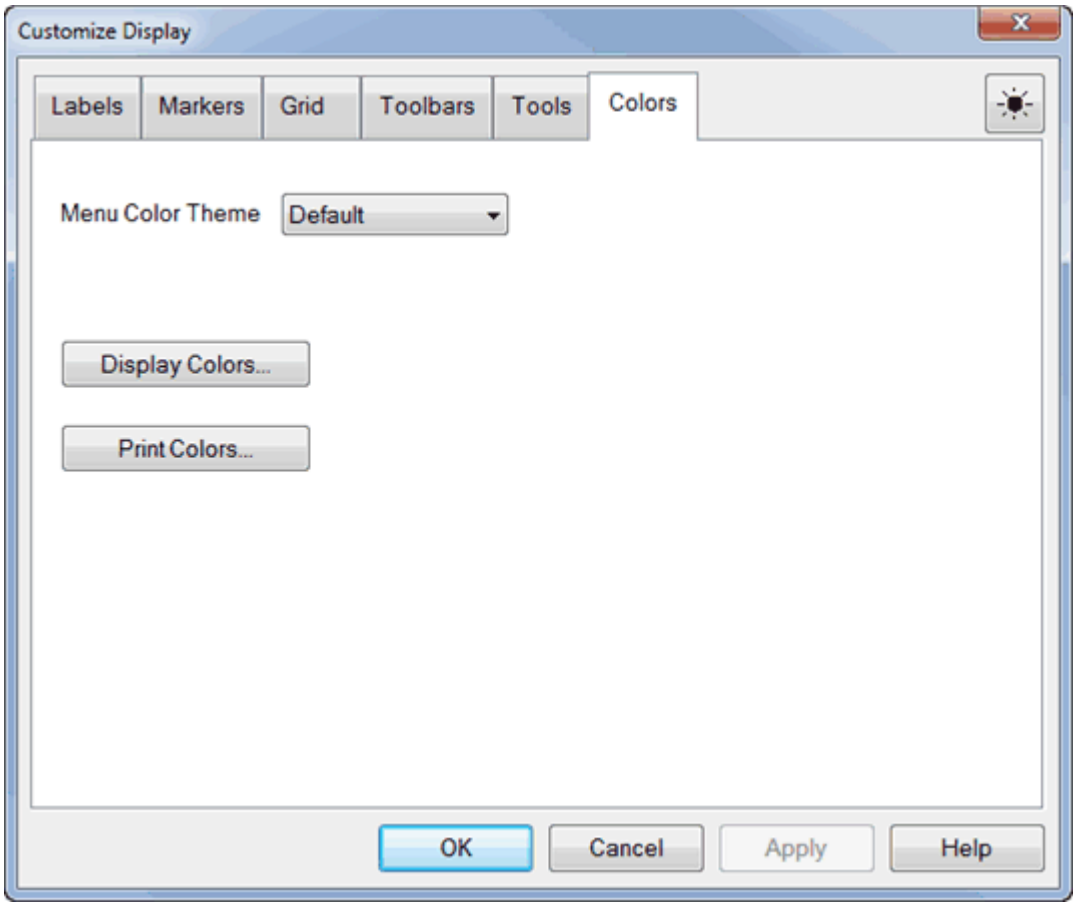
Цвета

Порядок настройки цветов

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки	С помощью мыши
1. **Нажмите** Display **>** *Display Setup* **>** Customize Display... 2. Откройте вкладку **Colors**.	1. Нажмите правую кнопку мыши на любой области окна. 2. Щелкните по **Customize Display...** 3. Откройте вкладку **Colors**.

Команды программирования

Справка вкладки **Colors** (Цвета) диалогового окна **Customize Display**



Menu Color Theme (Цветовая тема меню): выберите цветовую тему.

Display Colors... (Цвета дисплея): выберите цвета дисплея.

Print Colors... (Цвета печати): предварительный просмотр печати.

Заголовок окна

Анализатор позволяет создавать и отображать заголовок для каждого **окна.**

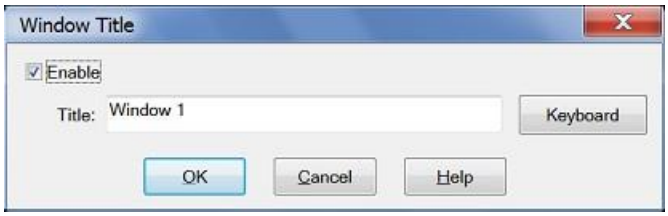
- Предельное значение определяется количеством отображаемых окон.
- Заголовок (My Window) вводится в верхнем левом углу окна следующим образом:

Порядок ввода заголовка окна

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки	С помощью мыши
1. **Нажмите** Display **>** *Window Setup* **>** Window Title...	1. Переместите курсор в область сетки и нажмите правую кнопку мыши. 2. Выберите пункт **Title...**

Команды программирования

Справка диалогового окна **Window Title (Заголовок окна)**



1. Поставьте флажок в поле **Enable** (Активировать) и введите название окна с клавиатуры. Щелкните по **Keyboard** (Клавиатура), чтобы ввести название с помощью мыши.
2. Чтобы очистить заголовок окна, снимите флажок **Enable** или удалите текст в диалоговом окне.

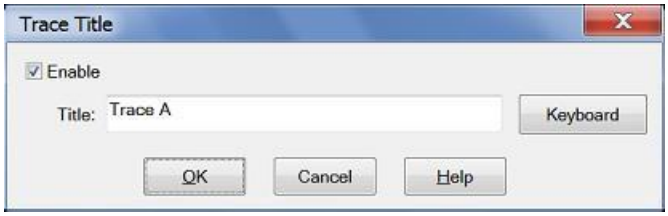
Заголовок графика

Заголовок графика отображается вместо параметра измерений в области статуса графика, строке состояния и распечатках.

- Этот заголовок имеет приоритет перед заголовками редактора уравнений.
- Практический предел составляет около 70 символов в строке, если имеется лишь один график.
- Пробелы допускаются, но не отображаются; используйте вместо них нижнее подчеркивание.
- Заголовок обозначается следующим образом:

Порядок ввода заголовка графика	
С помощью аппаратной клавиши/ *программной вкладки*/программной кнопки 1. **Нажмите** Trace (отслеживать)**>** *Trace Setup* **>** Trace Title...	С помощью мыши 1. Переместите курсор в область сетки и нажмите правую кнопку мыши. 2. Выберите пункт **Trace Title...**
Команды программирования	

Справка диалогового окна **Trace Title (Заголовок графика)**



1. Поставьте флажок в поле **Enable** (Активировать) и введите название окна с клавиатуры. Щелкните по **Keyboard** (Клавиатура), чтобы ввести название с помощью мыши.
2. Чтобы очистить заголовок окна, снимите флажок **Enable** или удалите текст в диалоговом окне.

Частота/испытательный сигнал

Информация о частоте/испытательном сигнале (стимуле) выводится в нижней части каждого окна на экране. В ней отображается следующая информация:

- Номер канала
- Начальное значение
- Конечное значение

Как показать/скрыть информацию о частоте/испытательном сигнале

Свернуть окно приложения

Окно приложения анализатора цепей можно свернуть, чтобы отобразить рабочий стол и панель задач Windows.

1. Нажмите **System** > ***Main*** > **Minimize Application**.

Чтобы восстановить приложение VNA, дважды щелкните по нему на рабочем столе.

Копирование каналов

Копирование каналов позволяет дублировать каналы одного класса измерений с теми же параметрами испытательного сигнала, что и в исходном канале.

- Для чего требуется копирование каналов
- Порядок копирования каналов
- Список настроек каналов

Примечание. Копирование каналов МОЖЕТ использоваться с приложениями PNA, например FCA, Gain Compression или Noise Figure.

Другие разделы темы «Настройка измерений»

Для чего требуется копирование каналов

Копируйте настройки канала, если вам требуется создать несколько каналов с незначительно отличающимися настройками.

Например, если у вас имеется усилитель, характеристику которого вы хотите получить в диапазоне частот с несколькими входными уровнями мощности.

Выполните следующее:

1. Создайте одно измерение, используя свои оптимизированные настройки канала.
2. Скопируйте этот канал в новые каналы.
3. Измените уровень мощности новых каналов.

В качестве альтернативы копированию каналов вы можете создать новые измерения по умолчанию в новых каналах. Затем измените настройки каждого канала в соответствии со своими новыми требованиями. Это достаточно длительный процесс, что лишний раз демонстрирует достоинства функции копирования канала.

Порядок копирования каналов

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки

1. Нажмите **Channel** > ***Channel Setup*** > **Copy Channel**.
2. Нажмите **Copy to Active Window/Copy to New Window/Copy Channel...** соответственно для копирования в активное окно, копирования в новое окно или копирования канала.

Команды программирования

Справка диалогового окна Copy Channel (Копировать канал)

Данное окно позволяет скопировать настройки существующего канала в новый канал. Графики с результатами измерений из исходного канала НЕ копируются.

Copy channel (Копировать канал или назначить исходным каналом): выберите канал для копирования.

To (Куда или назначить конечным каналом): прокрутите, чтобы выбрать канал, в который будут скопированы настройки. Совместимые номера каналов, используемые в настоящий момент, выделены. Они могут быть выбраны, и их настройки будут перезаписаны.

Совместимы следующие конечные каналы:

- Канал, который еще не существует. Создается новый канал с параметрами измерений канала по умолчанию.
- Канал с тем же классом измерений, что и у источника. В конечном канале существующие измерения сохраняются.
- Канал с любым классом измерений, не содержащий измерений. В этом случае также создается конечный канал с параметрами измерений канала по умолчанию.

Примечания.

- Настройки канала могут быть скопированы ТОЛЬКО в один новый или существующий канал. Повторите это действие, чтобы скопировать настройки в несколько каналов.
- Исходный канал ВСЕГДА копируется в активное окно. Если вы желаете открыть конечный канал в новом окне, сначала создайте совместимое новое измерение в новом окне. Прежде чем копировать канал, убедитесь, что данное окно активно.
- Измерения в конечном канале становятся активными измерениями. Пример.

1. Исходный канал 1: Стандартные измерения S21
2. Конечный канал: НОВЫЙ канал 2
3. Результат. Исходный канал 1 с измерениями S21 и канал 2 с измерениями S11. Оба канала имеют одинаковые настройки испытательного сигнала и находятся в одном окне. Измерения S11 в канале 2 являются активными измерениями.

Подробнее см. Графики, каналы и окна.

Список настроек каналов

- Диапазон частот
- Мощность
- Использование массива калибровочных коэффициентов
- Данные калибровки мощности источника
- Ширина полосы пропускания по промежуточной частоте
- Количество точек
- Настройки развертки
- Усреднение
- Триггер (некоторые настройки)

Отменить/повторить

В случае неправильных настроек вы можете быстро вернуться к предыдущей версии, нажав кнопку Undo (Отменить). В случае ошибочной отмены настроек вы можете вернуться к версии до того, как была отдана команда Undo, нажав кнопку Redo (Повторить).

- Отмена и возврат применяются ТОЛЬКО к выделенным настройкам.
- В буфере команды Undo сохраняются до 16 ступеней настроек, которые можно отменить.

Порядок отмены или возврата настроек

Советы:

- Щелкните или коснитесь ярлыков Undo (Отменить) или Redo (Повторить):

Отменить Повторить

- Щелкните правой кнопкой мыши по панели инструментов Softkeys или Entry.
- С помощью клавиатуры:
  - Отменить... Ctrl+Z
  - Повторить... Ctrl+Y

С помощью аппаратной клавиши/ *программной вкладки*/ программной кнопки	С помощью мыши
1. Нажмите **Undo** > ***Main***. 2. Нажмите **Undo** для отмены или **Redo** для возврата.	1. Щелкните по значкам **Undo** и **Redo** на панели инструментов Active Entry или Softkey.

Программирование с помощью SCPI и COM и команды Undo/Redo:

- Программные команды для команд Undo/Redo НЕ предусмотрены.
- Программные команды НЕ могут быть отменены командой Undo.
- При отправке программных команд на анализатор VNA буфер команды Undo очищается.

Возврат к задаче

Чтобы вернуться к предыдущей задаче, нажмите **Undo > *Main* > Return To Task**.

Очистить историю отмены

Чтобы очистить буфер памяти команды Undo, нажмите **Undo > *Main* > Clear Undo History**.

Отмена и безопасность

- При уровнях безопасности **High** и **Extra** выполнение команд Undo/Redo блокируется.

- Файлы состояния, сохраняемые в целях отмены и возврата с помощью команд Undo/Redo (например, предварительная настройка), удаляются при наступлении любого из следующих событий:

- изменение уровня безопасности;
- запуск или закрытие приложения анализатора цепей.

Выбор отменяемых настроек

Команды отмены (Undo) или возврата (Redo) могут применяться к следующим **настройкам**:

Примечание. Для некоторых настроек отмена невозможна. Поэтому при попытке отменить длинную последовательность операций маловероятно, что удастся в точности восстановить исходное состояние.

- Предварительная настройка
- Вызов файла
- Настройки частоты
  - Для класса Standard и приложений Gain Compression и Noise Figure: настройки начальной частоты, конечной частоты, центральной частоты, диапазона частот и частоты непрерывной волны.
  - Для классов SMC, VMC: нажатие кнопки Apply (Применить) в диалоговом окне Mixer Setup (Настройка смесителя).
  - Для класса Swept IMD: нажатие программных кнопок частоты, нажатие кнопки Apply (Применить) в диалоговом окне настройки.
  - Для класса IM Spectrum: нажатие программных кнопок частоты, нажатие кнопки Apply (Применить) в диалоговом окне настройки.
  - Для приложения Noise Figure: нажатие программных кнопок частоты, нажатие кнопки Apply (Применить) в диалоговом окне настройки.
  - Для классов GCX, IMDX, NFX: нажатие кнопки Apply (Применить) в диалоговом окне настройки.
- Выключить маркер и выключить все маркеры
- Количество точек
- Уровень мощности: большинство приложений и S-параметров
- Добавить или изменить класс измерений
- Отключить канал
- Закрыть окно
- Новый канал, новое окно и новый график
- Удалить график
- Расположение окон на экране рядом
- Изменить расположение (1x, 2x, 3x, 4x)
- Переместить график, перетащить график
- Масштабирование по осям XY, установка минимального масштаба
- Автоматическое масштабирование всех графиков, автоматический выбор масштаба
- Масштаб, опорный уровень, опорная позиция
- Диалоговое окно Scale Coupling (Связывание масштаба)
- Электрическая задержка
- Смещение фазы

- Диалоговое окно Measurement Setups (Настройка измерений)
- Формат
- Тип развертки
- Данные -> Память
- Поиск с помощью одиночных маркеров (максимум, минимум, целевое значение, пик...)
- Поиск с помощью нескольких маркеров (ширина полосы частот, мощность насыщения, нормальная рабочая точка)
- Изменить величину стимула маркера: программные кнопки, диалоговое окно или перетаскивание
- Изменить ячейку в таблице сегментов
- Диалоговое окно Mechanical Settings (Механические настройки)

2. Оптимизация измерений

Измерения имеют множество взаимосвязанных настроек. Настройки можно менять для достижения целей измерений, в том числе для повышения их производительности или точности.

Повышение производительности измерений

- Обеспечение самой быстрой развертки
- Переключение между несколькими измерениями
- Скорость передачи данных
- Использование макросов

Повышение точности измерений

- Увеличение динамического диапазона
- Снижение уровня шума
    - Усреднение
    - Ширина полосы пропускания по промежуточной частоте (IFBW)
    - Сглаживание
- Групповое время запаздывания (отдельная тема)
- Повышение точности измерений фазы
- Повышение точности измерений устройств с большой электрической длиной
- Повышение точности измерений отраженного сигнала на двухпортовых устройствах с низкими потерями
- Повышение стабильности измерений
- Снижение перекрестных помех приемников
- Уменьшение воздействий измерительных принадлежностей для испытаний

Внимание! Не допускайте повреждений анализатора, требующих дорогостоящего ремонта.

Количество точек данных

Точка данных представляет собой отсчет измеренного значения величины при неизменном значении испытательного сигнала. Можно указать количество точек, по которым анализатор будет выполнять измерения за одно свипирование. (Свипирование или развертка — это серия последовательных измерений в точках данных, производимых по заданной последовательности значений испытательного сигнала.)
Время развертки анализатора изменяется пропорционально количеству точек. Вместе с тем общая продолжительность цикла измерений остается неизменной..

Порядок изменения количества точек данных

Выбрать число или нажать кнопку Custom (Настройка), чтобы вызвать диалоговое окно.

С помощью **аппаратной клавиши**/***программной вкладки***/**программной кнопки**

1. Нажмите **Sweep** > ***Main*** > **Number of Points**.

Команды программирования

Справка диалогового окна Number of Points (Количество точек)
Задает количество точек данных, в которых анализатор собирает результаты за один цикл свипирования с измерениями. Можно задать любое число от 1 до 100 001. Значение по умолчанию равно 201. Примечание. Некоторые классы измерений (например, GCA и Swept IMD) могут иметь разные ограничения по максимальному количеству точек. Для измерений во временной области требуются две точки данных. Советы: • Для максимальной степени детализации трасс следует использовать максимальное количество точек данных. • Для более высокой производительности следует задавать наименьшее количество точек данных, при котором будет обеспечиваться приемлемое разрешение. • Чтобы определить оптимальное количество точек, следует подобрать такое значение, при котором измерения не будут существенно отличаться после увеличения количества точек. • Чтобы обеспечить точную калибровку измерений, следует выполнить ее с использованием такого же количества точек, которое будет использоваться во время измерений. Количество точек представляет собой количество элементов данных, собираемых за один цикл сканирования. Оно может быть задано независимо для каждого канала. • Для обеспечения более высокой степени детализации трасс по значению испытательного сигнала следует выбирать большее значение для количества точек. • Для обеспечения более высокой производительности следует выбирать меньшее значение количества точек в пределах допустимой степени детализации трасс. • Чтобы повысить точность измерений после калибровки, выполните калибровку с использованием такого же количества точек, как и при фактических измерениях.

Точность измерения фазы

Можно повысить точность измерения фазы с помощью следующих средств:

- Электрическая задержка
- Смещение фазы
- Интервал между значениями частоты (искажение информации)

См. также

Расширения портов

Электрическая задержка

Электрическая задержка — это математическая функция, используемая для моделирования переменной длины линии передачи без потерь.

Используйте электрическую задержку для компенсации линейного сдвига фазы на устройстве. Эта функция позволяет увидеть только отклонение от линейного сдвига фазы на устройстве.

Можно установить электрическую задержку отдельно для каждой трассы с результатами измерений.

Порядок настройки электрической задержки

С помощью аппаратной клавиши*/программной вкладки/*программной кнопки

1. Нажмите **Scale** > ***Electrical Delay***.

Команды программирования

Справка диалогового окна Electrical Delay (Электрическая задержка)
Electrical Delay (Электрическая задержка): задает значение добавленной или исключенной задержки по времени или расстоянию. Служит для компенсации линейного сдвига фазы на устройстве. Также может быть использована для оценки группового времени запаздывания в линии передачи путем постепенного приращения электрической задержки на трассе S21 в формате «Фаза». Можно установить электрическую задержку отдельно для каждой трассы с результатами измерений. Velocity Factor (Коэффициент замедления линии передачи): задает коэффициент замедления линии передачи, который применяется в отношении электропроводящей среды устройства, включенного в схему после калибровки измерений. Данный коэффициент равен 0,66 для кабеля с диэлектриком из полиэтилена и 0,7 для кабеля с диэлектриком из ПТФЭ. 1,0 соответствует скорости света в вакууме. Коэффициент замедления линии передачи также может быть задан в диалоговом окне Port Extensions (Расширения портов) и в настройках для измерений во временной области окна настроек маркеров расстояния. Softkey Display (Отображение программных клавиш): позволяет ввести задержку по времени или расстоянию с помощью программных клавиш и панели инструментов для активного ввода. Delay Distance (Задержка по расстоянию): меняет значение в случае изменения задержки по времени или расстоянию. Distance Units (Единицы измерения расстояния): позволяет выбрать метры, дюймы или футы. При изменении данного параметра не произойдет автоматического изменения размера шага.

Media (Среда)

Coax (Коаксиальный кабель): выберите в случае, если добавляемый отрезок линии представляет собой коаксиальный кабель. Также укажите коэффициент замедления линии передачи для коаксиального кабеля.

Waveguide (Волновод): выберите в случае, если добавляемый отрезок линии представляет собой волновод. Также укажите нижнюю частоту среза волновода.

Cutoff Freq (Частота среза): нижняя частота среза волновода. Подробнее об электрической задержке (прокрутить вверх).

Смещение фазы

Смещение фазы математически корректирует измеренную фазу на определенную величину (до 360°). Это может использоваться в следующих целях:

- Улучшение отображения измерений фазы. Это аналогично изменению опорного уровня при измерениях амплитуды. Установите фазовую характеристику по центру или впишите ее в размер экрана.
- Имитация прогнозируемого сдвига фазы в выполняемых измерениях. Например, если необходимо включить в схему кабель и, если известно, что отрезок этого кабеля приведет к появлению определенного сдвига фазы в результатах измерений, можно использовать смещение фазы для внесения данного значения и смоделировать полное измерение устройства.

Порядок настройки смещения фазы

С помощью аппаратной клавиши*/программной вкладки/*программной кнопки

1. Нажмите **Scale** > ***Constants*** > **Phase Offset**.

Команды программирования

Справка диалогового окна Phase Offset (Смещение фазы)

Phase Offset (Смещение фазы): наберите значение или с помощью клавиш со стрелками вверх или вниз выберите любое значение в диапазоне до 360°.

Подробнее о смещении фазы (прокрутите вверх).

Интервал между значениями частоты (искажение информации)

Анализатор делает выборку данных в точках с дискретной частотой и затем соединяет эти точки, формируя график на экране.

Если сдвиг фазы на том или ином устройстве между соседними точками частоты будет больше 180°, отображаемые на экране результаты будут выглядеть так, как будто бы наклон фазовой характеристики изменился на обратный. Причиной являются субдискретизация данных и возникающее вследствие этого искажение информации.

Если при измерении группового времени запаздывания происходит обращение наклона фазовой характеристики, это означает, что групповое время запаздывания изменило знак. Для примера на следующей диаграмме показаны результаты измерений полосового ПАВ-фильтра.

- Левый график имеет 51 точку и показывает отрицательное групповое время запаздывания, что физически невозможно. Это выглядит, как будто отклик находится ниже опорной линии, соответствующей 0 секунд.
- На правом графике показаны результаты измерений с количеством точек, увеличенным до 201. Он показывает положительное групповое время запаздывания. То есть в данном случае отклик находится выше опорной линии, соответствующей 0 секунд.

Совет: чтобы проверить, не происходит ли искажение информации при проведении измерений, либо увеличьте количество точек, либо уменьшите диапазон частот.

Методы подавления шума

Случайный электрический шум, проявляющийся в цепи приемника анализатора, способен ухудшить точность измерений. Описанные ниже функции могут помочь подавить шум трассы и понизить минимальный уровень шума, что позволит улучшить динамический диапазон и повысить точность измерений.

Примечание. Шум трассы в СВЧ-анализаторах VNA ухудшается в диапазоне ниже 748 МГц и становится особенно заметен между 10 и 45 МГц. См. раздел «Уменьшение ширины полосы пропускания по промежуточной частоте».

- Усреднение
- Ширина полосы пропускания по промежуточной частоте
- Сглаживание кривых

См. также

Групповое время запаздывания

Другие темы по оптимизации измерений

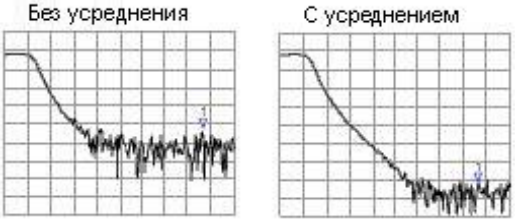
Усреднение

Усреднение — это функция, предназначенная для уменьшения влияния случайного шума на измерения. Существует два типа усреднения: усреднение по точкам и усреднение развертки.

При усреднении по точкам перед тем, как перейти к следующей точке данных, анализатор вычисляет среднее значение для каждой точки. Число измерений определяется путем задания коэффициента усреднения (активируется путем нажатия на кнопку Averaging). Чем выше коэффициент усреднения, тем сильнее подавление шума.

При усреднении развертки анализатор вычисляет усреднение в ходе последующих циклов свипирования, пока не будет выполнено требуемое число циклов свипирования с усреднением.

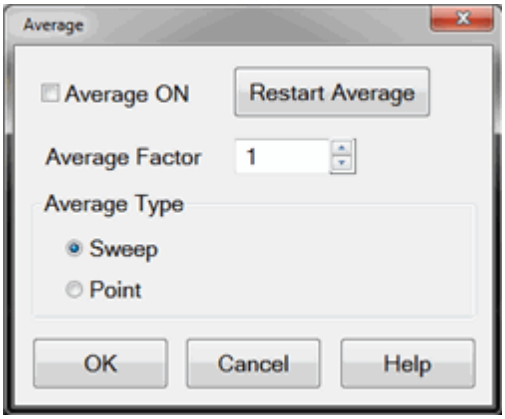
Эффект усреднения развертки



Как **усреднение,** так и **ширина полосы пропускания по промежуточной частоте** могут использоваться в целях общего подавления шума. Для подавления очень низкого уровня шума более эффективно усреднение, чем уменьшение ширины полосы пропускания по промежуточной частоте. Как правило, усреднение занимает немного больше времени, чем уменьшение ширины полосы пропускания по промежуточной частоте, особенно если требуется большое число усреднений. Кроме того, измерение ширины полосы пропускания по промежуточной частоте после калибровки приводит к неопределенной погрешности измерений.

Порядок настройки усреднения	
С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки 1. Нажмите **Avg BW** > ***Main*** > **Averaging**. 2. Введите число усреднений.	**С помощью мыши** 1. Нажмите **Response**. 2. Выберите **Avg BW**. 3. Выберите **Averaging...**

Справка диалогового окна Average (Усреднение) Команды программирования



Average ON (Усреднение включено): поставьте этот флажок, чтобы разрешить усреднение.

Average Factor (Коэффициент усреднения): задает число измерений, по которым производится усреднение. Диапазон от 1 до 65 536 (2^16).

Average Type (Тип усреднения)

Sweep (Усреднение развертки): каждая точка данных основывается на среднем значении для тех же точек данных, в которых производились измерения в ходе последовательных циклов свипирования. В случаях, когда число циклов свипирования равно коэффициенту усреднения, усреднение продолжается в соответствии с формулой усреднения развертки.

(Sweep) Restart (Перезапуск (свипирования)): запускает новую серию измерений, которые используются для вычисления средних значений. Применяется только к усреднению развертки, но НЕ к точечному усреднению.

Point (Точечное усреднение): в каждой точке данных измерения выполняются то количество раз, которое задается коэффициентом усреднения, с последующим усреднением и переходом к следующей точке данных.

- В последующих циклах свипирования усреднение автоматически перезапускается с выполнением измерений в каждой точке данных вновь и вновь, пока не будет достигнуто число измерений, заданное коэффициентом усреднения.
- Так как измерения выполняются с большой скоростью в фоновом режиме, счетчик усреднения НЕ обновляется.
- Точечное усреднение НЕДОСТУПНО в приложениях для сжатия динамического диапазона усиления или измерения коэффициента шума.

Примечания.

- При выборе усреднения развертки на экране появляется счетчик усреднения **Average Counter**, показывающий число циклов свипирования, результаты измерений в которых были усреднены. Влияние на график сигнала можно увидеть по мере увеличения коэффициента усреднения. Это может помочь при выборе оптимального числа усреднений развертки. При использовании **точечного** усреднения счетчик усреднения НЕ обновляется.
- Усреднение для всего **канала**: усреднение включается и коэффициент устанавливается для всех измерений в канале. Счетчик усреднения отображается для каждого канала.

- **Калибровка:** так как усреднение представляет собой математический процесс, который выполняется после того, как будет сделано необработанное измерение, усреднение может быть включено до или после калибровки без потери действительности параметров коррекции погрешностей. Если усреднение будет включено до калибровки, измерения калибровочных мер будут представлять собой измерения с усреднением. Калибровка потребует больше времени, однако полученные в итоге параметры коррекции погрешностей будут иметь меньший уровень шума. Последующие скорректированные результаты измерений будут также иметь меньшую погрешность, связанную с шумом. Кроме того, дальнейшее снижение уровня шума может быть достигнуто путем включения усреднения после калибровки.
- Запуск триггеров реализован отдельно от усреднения. Например, задание коэффициента усреднения равным 4 НЕ оказывает влияния на число триггеров, которое потребуется для выполнения 4 циклов свипирования или измерений в 4 точках данных.
- Измерения **без соотношений**: несмотря на возможность усреднения результатов измерений без соотношений (с использованием одного приемника), эти результаты могут расходиться с ожиданиями.
  - В отличие от измерений с соотношениями, применение усреднения к измерениям без соотношений не приводит к снижению минимального уровня шума.
  - Результаты измерений фазы могут стремиться к 0. Это связно с тем, что измерения фазы сами по себе носят относительный характер. Измерение абсолютной фазы с помощью одиночного приемника дает случайные результаты. Усреднение случайных положительных и отрицательных чисел даст результат, стремящийся к 0.

Формула усреднения развертки

Новое среднее = (Новые данные/n) + [Старое среднее*(n-1/n)] 'где n — коэффициент усреднения.

Из формулы видно, что в результатах для последующих циклов свипирования продолжают учитываться данные из первых **n** циклов свипирования. Их влияние прогрессивно уменьшается, но никогда не становится равным нулю. Например, при n = 5 отображается среднее для 5 циклов развертки. На 6-м цикле отображаемая величина будет включать 4/5 среднего значения для первых 5 циклов плюс 1/5 значения для нового цикла.

Чтобы устранить влияние более старых данных, следует нажать кнопку **Restart**.

Подробнее об усреднении (прокрутите вверх).

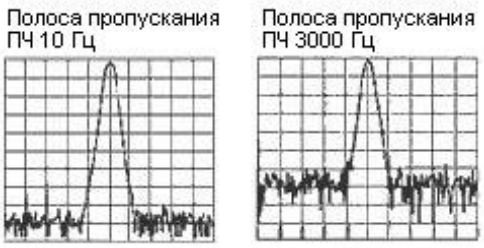
Ширина полосы пропускания по промежуточной частоте

Принимаемый сигнал преобразовывается с частоты своего источника к более низкой промежуточной частоте (ПЧ). Ширина полосы пропускания полосового фильтра ПЧ настраивается вплоть до минимального значения 1 Гц. Максимальная ПЧ может быть различной в зависимости от модели анализатора VNA.

Уменьшение полосы пропускания ПЧ приемника позволяет снизить влияние случайного шума на измерения. Каждое десятикратное уменьшение ширины полосы пропускания по промежуточной частоте понижает минимальный уровень шума на 10 дБ. Однако при более узкой полосе пропускания по промежуточной частоте возрастает время развертки.

- **Канал:** ширина полосы пропускания по промежуточной частоте может быть задана независимо для каждого канала.
- **Сегментированная развертка:** ширина полосы пропускания по промежуточной частоте может быть задана независимо для каждого сегмента сегментированной развертки.
- **Калибровка:** изменение ширины полосы пропускания по промежуточной частоте после калибровки приведет к уровню коррекции дельта С, что указывает на неопределенность погрешности калибровки.

Эффект от уменьшения ширины полосы пропускания по промежуточной частоте

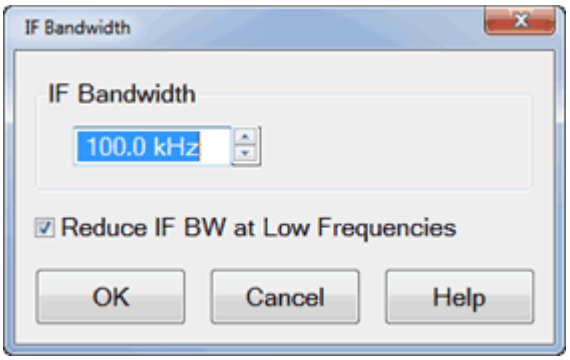


Порядок настройки ширины полосы пропускания по промежуточной частоте

С помощью аппаратной клавиши/ *программной вкладки*/программной кнопки	С помощью мыши
1. Нажмите **Avg BW** > ***Main*** > **IF Bandwidth**. 2. Введите значение ширины полосы пропускания по промежуточной частоте.	1. Щелкните правой кнопкой по ярлыку BW в строке состояния. 2. Выберите **IF Bandwidth...**

Справка диалогового окна IF Bandwidth (Ширина полосы пропускания по промежуточной частоте)

Команды программирования



IF Bandwidth (Ширина полосы ПЧ): задает ширину полосы пропускания по промежуточной частоте (приемника). Выберите значение, прокрутив доступные значения в текстовом поле IF Bandwidth. Ширина полосы пропускания по промежуточной частоте устанавливается независимо для каждого канала.

Общими для всех моделей являются следующие значения ширины полосы пропускания по промежуточной частоте:

1 | 2 | 3 | 5 | 7 | 10 | 15 | 20 | 30 | 50 | 70 | 100 | 150 | 200 | 300 | 500 | 700 | 1k | 1.5k | 2k | 3k | 5k | 7k | 10k | 15k | 20k | 30k | 50k | 70k | 100k | 150k| 200k | 280k | 360k | 600k | 1M | 1.5M | 2M | 3M | 5M | 7M | 10M | 15M

Для выделенных настроек ширины полосы пропускания по промежуточной частоте (1 МГц и выше):

- Настройки от 7 до **15 МГц** доступны ТОЛЬКО с версией DSP 5.0 и выше.
- Значения ширины полосы пропускания по промежуточной частоте выше 600 кГц в основном используются для широкополосных измерений с пульсацией и измерений профиля импульса. Они НЕ обеспечивают более высокую скорость развертки в измерениях без пульсации.
- При переключении на эти полосы пропускания и при выходе с них может наблюдаться небольшой сдвиг (на 1 дБ или больше) на графиках логарифмической амплитуды.
- Доступно только в режиме ступенчатой развертки и НЕДОСТУПНО в режиме свипирующей развертки.

Уменьшение ширины полосы пропускания по промежуточной частоте при низких значениях частоты

У моделей анализаторов VNA с максимальной частотой 20 ГГц и выше при частотах ниже приблизительно 400 МГц шум трассы ухудшается. Это особенно заметно в диапазоне между 10 и 45 МГц, а также при включенном режиме измерений во временной области.

Если в этом поле поставлен флажок, то при указанных ниже частотах анализатор VNA будет использовать полосу пропускания по промежуточной частоте меньшей ширины, чем выбранное значение.

Данная настройка:

- может быть задана для каждого канала;
- включена (отмечена флажком) по умолчанию;
- применяется также к сегментированной развертке.

Для определения фактической используемой ширины полосы пропускания по промежуточной частоте используйте следующие расчеты. Если полученный результат НЕ совпадает с доступной для выбора шириной полосы пропускания по промежуточной частоте, используется следующее более высокое доступное для выбора значение.

В следующей таблице и примере следующая полоса начинается на 0,01 Гц выше конечной частоты. Это обозначается знаком +.

Конечная частота	Модель VNA						
	N5241B N5242B	N5221B N5222B	N5244B N5245B	N5224B N5225B	N5247B	N5227B	N5234B N5235B
14 МГц	0,05	0,05	0,005	0,005	0,005	0,005	0,025
19 МГц	0,05	0,05	0,005	0,005	0,005	0,005	0,025
27 МГц	0,05	0,05	0,01	0,005	0,01	0,005	0,025
38 МГц	0,05	0,05	0,01	0,005	0,01	0,005	0,025
53 МГц	0,05	0,05	0,015	0,005	0,015	0,005	0,025
75 МГц	0,1	0,1	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
105 МГц	0,1	0,1	0,05	0,025	0,05	0,025	0,025
146 МГц	0,14	0,1	0,1	0,025	0,1	0,025	0,025
175 МГц	0,14	0,1	0,15	0,025	0,15	0,025	0,025
205 МГц	0,29	0,29	0,15	0,15	0,15	0,15	0,025
250 МГц	0,5	0,29	0,25	0,15	0,25	0,15	0,025
396 МГц	1	1	0,5	0,5	0,5	0,5	1
396+ МГц и выше	1	1	1	1	1	1	1

Пример:

у анализатора N5224B выбранная ширина полосы пропускания по промежуточной частоте составляет 30 кГц.

При отмеченной флажком опции **Reduce IF BW at Low Frequencies** (Уменьшение ширины полосы пропускания по промежуточной частоте при низких значениях частоты) фактическая ширина полосы пропускания по промежуточной частоте составляет:

- от 53+ МГц **до 175 МГц**: 30 000 Гц * **0,025** = **750 Гц** (следующее более высокое доступное для выбора значение: **1 кГц**);
- от 175+ МГц **до 250 МГц**: 30 000 Гц * **0,15** = **4,5к Гц** (следующее более высокое доступное для выбора значение: **5 кГц**);
- от 250+ МГц **до 396 МГц**: 30 000 Гц * **0,5** = **15 кГц**;
- от 396+ МГц до окончания развертки = 30 кГц

OK: выбор значения ширины полосы пропускания по промежуточной частоте, показанной в текстовом поле.

Подробнее о ширине полосы пропускания по промежуточной частоте (прокрутите вверх).

Сглаживание кривых

Сглаживание кривых заключается в усреднении значений в нескольких **соседних** точках данных для сглаживания отображаемого графика. Число соседних точек данных, для которых совместно применяется сглаживание, также называют сглаживающей апертурой. Апертура может быть задана числом точек данных или процентной долей диапазона по оси X.

Сглаживание кривых позволяет снизить полную амплитуду шума в широкополосных измеренных данных. Это сглаживает шум трассы и при этом не приводит к значительному увеличению времени выполнения измерений.

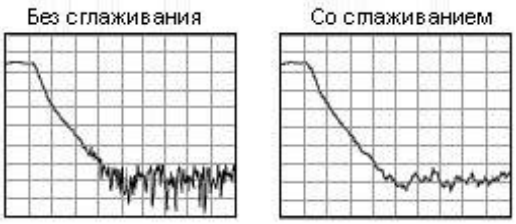
Так как сглаживание кривых следует формату, определенному в карте обработки данных, отформатированные данные являются сглаженными. При использовании представления в полярных координатах или в виде диаграммы Смита сглаживание автоматически выключается.

Подробнее о типах формата данных.

Советы:

- Начинайте с большого числа отображаемых точек и уменьшайте его, пока сохраняется уверенность в том, что график не искажает результаты.
- Не используйте сглаживание с устройствами с высоким резонансом или устройствами с широкими колебаниями графиков. В противном случае получаемая информация может привести к неверным выводам.
- Сглаживание задается независимо для каждого графика.

Влияние сглаживания на график



Порядок настройки сглаживания кривых
С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки 1. Нажмите **Avg BW** > ***Smoothing*** > **Smoothing ON|OFF**.
Команды программирования

Smoothing ON (Сглаживание включено): если этот флажок установлен, то к отображаемому графику применяется сглаживание.

Percent of Span (Процентная доля диапазона): задает процентную долю диапазона испытательного сигнала в пределах развертки, в которой применяется сглаживание. Например, если для графика с 100 точками данных задать процентную долю диапазона 11 %, то число точек данных, подвергаемых усреднению, будет равно 11.

Points (Число точек): задает число соседних точек данных, к которым применяется усреднение.

Подробнее о сглаживании кривых (прокрутите вверх).

Влияние, оказываемое измерительными принадлежностями

Измерительные принадлежности, используемые в измерительной установке, могут оказывать влияние на результаты измерений устройства. Пользователь может выбрать между функциями анализатора, позволяющими уменьшить или полностью устранить воздействия измерительных принадлежностей.

- Наклон графика мощности для компенсации потерь в кабелях
- Стробирование для выборочного удаления откликов

Другие темы по оптимизации измерений

Наклон графика мощности для компенсации потерь в кабелях

Функция наклона графика мощности применяется в случаях, когда в измерительной конфигурации присутствует кабель большой протяженности или другие измерительные принадлежности, в которых возникают потери мощности в диапазоне частот. Данная функция увеличивает мощность источника анализатора с заданным пользователем соотношением (дБ/ГГц).

1. Нажмите **Power** > ***Leveling & Offsets***.
2. Если функция наклона графика еще не включена, нажмите на кнопку рядом с полем **Slope**.
3. В поле **Slope** введите требуемое соотношение между увеличением мощности источника и частотной разверткой.

Стробирование для выборочного удаления откликов

Стробирование — это функция анализа во временной области (опция S93010A), с помощью которой анализатор может удалять отклики математическими средствами. Пользователь может задать стробирование для откликов отражения или передачи, при этом результаты будут различными.

- Стробирование отклика отражения изолирует требуемый отклик (например, потери на отражение на фильтре) от нежелательных откликов (например, отраженных сигналов от перехода или паразитных откликов от неплотных соединений).
- Стробирование отклика передачи изолирует определенный путь в многоканальных устройствах, имеющих большую электрическую длину.

Более подробную информацию можно получить в разделе «Стробирование во временной области».

Самая быстрая развертка

Самая быстрая развертка с выполнением измерений может быть достигнута за счет регулировки следующих настроек:

- Настройки развертки
- Настройки подавления шума
- Выбор калибровки измерений
- Ненужные функции

Другие темы по оптимизации измерений

Настройки развертки

Рассмотрите целесообразность внесения предлагаемых изменений в каждую из следующих настроек.

- **Диапазон частот**: выполняйте измерения только на необходимых для вашего устройства частотах.
- **Сегментированная развертка**: используйте сегменты для сосредоточения данных измерений там, где это необходимо.
- **Отключение пошаговой развертки**: где это возможно, используйте режим линейной развертки для минимизации времени развертки.
- **Автоматическое время развертки**: используйте данную настройку по умолчанию для максимальной возможной скорости свипирования при текущих настройках.
- **Количество точек**: используйте минимальное число точек, требуемое для измерений.

Настройки подавления шума

Путем сочетания данных настроек может быть уменьшено время развертки с сохранением приемлемой точности измерений.

- **Ширина полосы пропускания по промежуточной частоте**: используйте самую широкую полосу пропускания по промежуточной частоте, которая обеспечивает приемлемый шум трассы и динамический диапазон.
- **Усреднение**: уменьшите коэффициент усреднения или выключите усреднение.

Выбор калибровки измерений

Выберите соответствующий тип калибровки для требуемого уровня точности.
При применении полной двухпортовой коррекции погрешностей анализатор использует как прямой, так и обратный ход развертки для сбора всех 12 параметров коррекции погрешностей. Это происходит, даже когда отображается единственный результат измерений S11. Все отображаемые результаты измерений обновляются при выполнении второго хода развертки. Оба хода развертки выполняются с использованием заданного времени развертки.

При калибровке больше чем по двум портам для определения требуемого числа ходов развертки используется следующая формула:

- **N * (N-1)**, где N — число портов.

При применении полной 3-портовой калибровки требуется 6 ходов развертки: по одному прямому ходу и одному обратному для каждого порта. При полной 4-портовой коррекции потребуется 12 ходов развертки и т. д.

Чтобы ограничить время измерений, выполняйте калибровку ТОЛЬКО на том уровне, который требуется для планируемых измерений. Например, если выполняются измерения только параметра S11, следует выполнить однопортовую калибровку на данном порту.

Скорость развертки будет приблизительно одинаковой в случае измерений без коррекции и измерений с калибровкой характеристики или однопортовой калибровкой.

Ненужные функции

Анализатор должен обновлять информацию для всех активных функций. Чтобы добиться дополнительного увеличения скорости развертки, следует выключить все функции анализатора, которые не требуются для конкретных условий измерений.

- Удаление ненужных графиков
- Отключение ненужных маркеров
- Отключение сглаживания
- Отключение граничного тестирования
- Отключение математических функций

Скорость развертки анализатора зависит от различных настроек измерений. Экспериментируйте с настройками, чтобы добиться самой высокой скорости развертки и требуемых результатов измерений.

Использование макросов

Макросы — это исполняемые программы, которые пользователь может составлять, загружать в анализатор и затем запускать на анализаторе. Для исполнения анализатором может быть загружено до 25 макросов.

- Порядок настройки макросов
- Порядок запуска макросов
- Пример макроса

Порядок настройки макросов

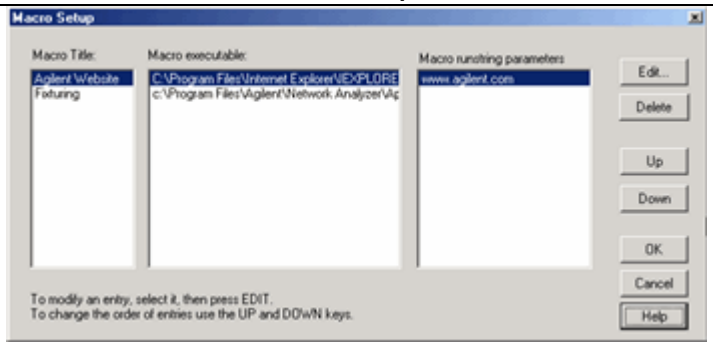
С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки

1. Нажмите **Macro** > ***Key Setup*** > **Macro Setup...**

В диалоговом окне Macro Setup:

1. Создайте исполняемую программу и сохраните ее на жестком диске анализатора VNA. См. пример программ SCPI или COM в VBscript.
2. С помощью мыши или клавиши со стрелкой вниз на передней панели выберите пустую строку под последней записью. (Также возможна ситуация, когда записи отсутствуют.)
3. Нажмите Edit, чтобы открыть диалоговое окно Edit Macro Setup.
4. В поле Macro Title введите описательное название своего макроса.
5. Нажмите Browse.
6. Измените тип файлов.
7. Найдите и выберите свой исполняемый файл. При необходимости измените тип файлов.
8. Нажмите OK в диалоговом окне Edit Macro Setup.
9. Нажмите OK в диалоговом окне Macro Setup.
10. Нажмите **MACRO,** чтобы запустить макрос. Может потребоваться сначала применить к анализатору VNA предварительные настройки, чтобы увидеть свой макрос в меню.

Справка диалогового окна Macro Setup (Настройка макросов)



С помощью данного окна можно создать до 25 макросов, которые могут быть запущены из приложения для анализатора VNA.

Для ввода названия макроса и параметров строки пуска потребуется внешняя клавиатура.

Чтобы добавить макрос, с помощью мыши или клавиши со стрелкой вниз (НЕ клавиши Down) на передней панели выберите пустую строку. Затем нажмите Edit.

Macro Title (Название макроса): показывает названия, которые будут отображаться на программных клавишах и в меню при нажатии кнопки Macro. Данные названия ассоциированы с исполняемыми файлами, и они должны быть описательными, чтобы их можно было легко идентифицировать.

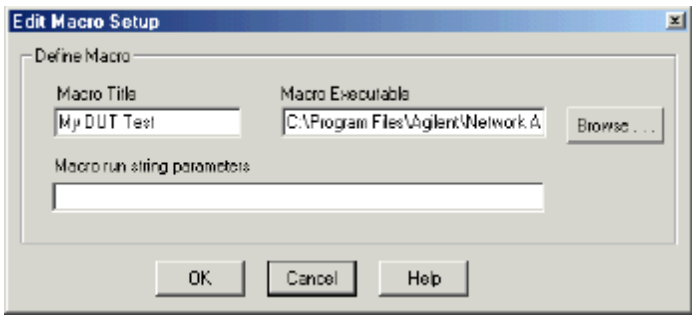
Macro Executable (Исполняемый макрос): содержит список полных путей к исполняемым файлам. В примере с запуском домашней страницы анализатора Keysight серии VNA путь к исполняемому файлу может выглядеть следующим образом: C:/Program Files/Internet Explorer/iexplore.exe.

Macro Runstring Parameters (Параметры строки запуска макроса): содержит список параметров, передаваемых программе, на которую дается ссылка в исполняемом файле. В примере с запуском домашней страницы анализатора серии VNA могут быть назначены параметры строки запуска www.Keysight.com/find/pna.

Edit (Редактирование): открывает диалоговое окно Macro Edit. Delete (Удалить): удаляет выбранный макрос.

Up (Вверх): позволяет изменить порядок перечисления макросов с перемещением выбранного макроса на одну строку вверх. Данный порядок определяет, как макросы будут отображаться в меню анализатора VNA и на программных клавишах, а также при нажатии клавиши Macro на передней панели.

Down (Вниз): перемещает выбранную позицию вниз на одну строку в списке макросов.

Справка диалогового окна Macro Edit (Редактирование макросов)
 Macro Title (Название макроса): добавляет название, которое будет отображаться на программных клавишах и в меню. Macro Executable (Исполняемый макрос): задает полный путь к исполняемому файлу макроса. Нажмите Browse (Обзор), чтобы открыть место расположения исполняемого файла макроса и задать полный путь к этому файлу. Macro run string parameters (Параметры строки запуска макроса): в качестве опции добавляет параметры, передаваемые программе, на которую дается ссылка в исполняемом файле. См. диалоговое окно Macro Setup

Порядок запуска макросов

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки

1. Нажмите **Macro** > ***Macro<#>***.

Пример макроса

Ниже приведен пример программы на языке сценариев Visual Basic Scripting (vbs), которая может быть скопирована, установлена и запущена на анализатор VNA.

Примечание. Распечатайте данные инструкции, если они просматриваются в анализаторе. Данная тема будет рассмотрена в диалоговом окне Macro Setup.

1. Скопируйте следующий пример программного кода в файл Notepad.
2. Сохраните файл на жестком диске анализатора в папке C:/Documents. Присвойте файлу название FilterTest.vbs
3. Закройте Notepad.
4. Выполните настройку макроса в анализаторе VNA.
5. Запустите макрос.

Notepad — это текстовый редактор, установленный на всех ПК с операционными системами Microsoft. Для запуска редактора Notepad на анализаторе:

1. Щелкните по View и затем Title Bars.
2. Нажмите кнопку Start в панели задач Windows.
3. Наведите курсор на Programs, Accessories.
4. Щелкните по Notepad.

```
'Начало копирования здесь
'Данная программа создает измерение S21
'Программа написана на VBscript с использованием команд SCPI

Dim app
Dim scpi
'Создание/получение доступа к приложению VNA
Set app = CreateObject ("AgilentPNA835x.Application")
Set scpi = app.ScpiStringParser

'Применение предварительной настройки Analyzer.FPREset для удаления
всех графиков и окон
scpi.Execute ("SYST:FPReset")
'Создание и открытие окна 1
scpi.Execute ("DISPlay:WINDow1:STATE ON")
'Задание имени измерения и параметров
scpi.Execute ("CALCulate:PARameter:DEFine:EXT 'MyMeas', 's21'")
'Связывание ("FEED") названия измерения ('MyMeas') с WINDow (1) и
присвоение новому графику номера (1).
scpi.Execute ("DISPlay:WINDow1:TRACe1:FEED 'MyMeas'")


'Окончание копирования здесь
```

3. Калибровка измерений

Мастер калибровки

С помощью мастера калибровки можно выбрать метод калибровки и затем выполнить калибровку.

- Порядок запуска мастера калибровки
- SmartCal (управляемая калибровка)
- Базовая калибровка
- Неуправляемая калибровка
- Сохранение калибровки

Другие темы по калибровке

Порядок запуска мастера калибровки

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки

1. Нажмите **Cal** > ***Other Cals*** > **Smart Cal...**

Команды программирования

Окно/канал калибровки

Во время управляемой калибровки создается окно калибровки Cal Window для просмотра подключения калибровочных мер до того, как на них будут выполнены измерения. В данном окне калибровки используется созданный новый канал калибровки, в котором дублируются настройки калибруемого канала. Для отображаемого канала калибровки коррекция ВСЕГДА остается ВЫКЛЮЧЕННОЙ. По завершении калибровки канал и окно калибровки удаляются.

Измерения калибровочных мер могут выполняться во время просмотра любой выбранной конфигурации окон анализатора VNA. Окно калибровки добавляется к вашей пользовательской настройке Custom Cal Window, при этом все окна остаются видимыми и в них отображается развертка под окном мастера калибровки, пока не будет нажата кнопка Measure (Измерить калибровочные меры). Окна, которые требуется просматривать, и каналы, в которых требуется поддерживать развертку в процессе калибровки, задаются с помощью команд дистанционного управления.

SmartCal (управляемая калибровка)

Управляемая калибровка автоматически определяет тип калибровки и предлагает массив калибровочных коэффициентов, соответствующий соединителям вашего тестируемого устройства.

Управляемая калибровка может выполнять следующие типы калибровки:

- ВСЕ типы калибровки, кроме калибровки отклика с использованием мер холостого хода, короткого замыкания и коэффициента передачи;
- калибровку ECal на одном или нескольких портах;
- калибровку методом TRL (перемычка, отражение, линия) — как выполнить калибровку TRL.

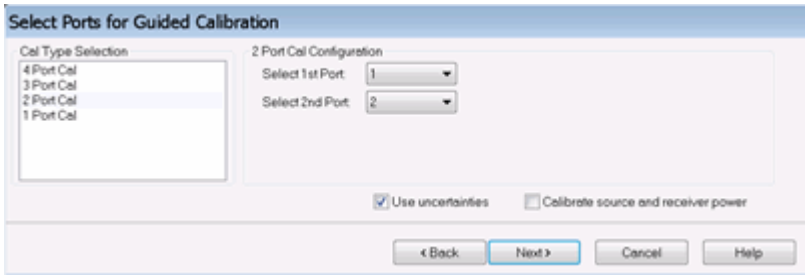
Команды программирования

Примечание. Калибровка SmartCal ДЕЙСТВИТЕЛЬНО позволяет выполнять измерения калибровочных мер в произвольной последовательности. Однако при этом необходимо нажимать кнопки Next и Back без выполнения измерений на мерах, пока вы не доберетесь до тех мер, которые требуется измерить.

При выполнении управляемой калибровки на каналах с подключенными мерами появятся следующие диалоговые окна.

Подробная информация о калибровке для каналов приложений содержится в теме справки по приложениям.

Справка диалогового окна Select Ports for Guided Calibration (Выбор портов для управляемой калибровки)



С помощью данного окна могут быть выбраны порты для выполнения калибровки.

Cal Type Selection (Выбор типа калибровки): поле для выбора номера портов для выполнения калибровки.

N Port Cal Configuration (Конфигурация N-портовой калибровки): если калибровка выполняется не на всех портах, необходимо указать, на каких портах она будет выполняться. Use Uncertainties (Использовать погрешность): позволяет включить погрешность измерений по результатам калибровки.

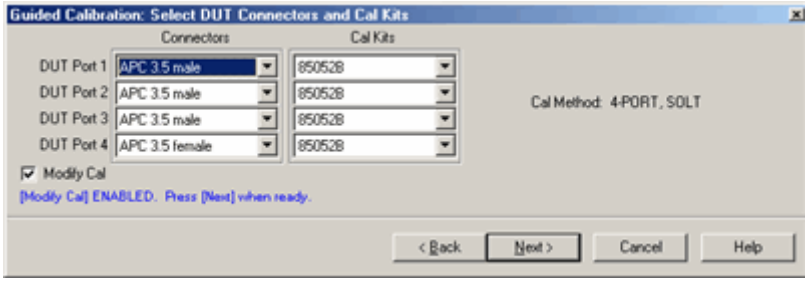
Calibrate source and receiver power (Калибровать мощность источника и приемника): поставьте флажок, чтобы выполнить управляемую калибровку мощности.
Подробнее.

См. также: использование нескольких датчиков мощности для выполнения управляемой калибровки мощности.

Show Advanced Settings (Показать расширенные настройки — ориентация и калибровка по мерам коэффициента передачи): доступно только для ECal.

Back (Назад): возврат в диалоговое окно начала мастера калибровки.

Справка диалогового окна Select DUT Connectors and Cal Kits (Выбор соединителей тестируемого устройства и калибровочных наборов)



С помощью данного окна могут быть выбраны типы соединителей и калибровочные наборы для каждого порта тестируемого устройства, подлежащего калибровке.

Connectors (Соединители): **чтобы изменить выбранные настройки, щелкните по полю с соединителями для каждого порта тестируемого устройства.**

Если в списке отсутствуют соединители вашего тестируемого устройства, вы можете создать собственные файлы с типами соединителей и калибровочными наборами. Анализатор VNA содержит следующие примеры калибровочных наборов, которые могут использоваться в качестве шаблона.

- при использовании соединителей типа «вилка» и «розетка» выберите в качестве типа соединителей Type A;
- при использовании устройств без соединителей, таких как зонды для измерений на пластине, выберите в качестве типа соединителей Type B.

Cal Kits (Калибровочные наборы): выберите калибровочный набор, который должен использоваться для калибровки каждого измерительного порта. В списке для каждого порта тестируемого устройства отображаются наборы, имеющие соединители того же типа, что и у тестируемого устройства.

Identical ECal models connected? (Подключены идентичные модели модулей ECal?) Модули ECal могут быть идентифицированы по серийному номеру. Это может оказывать влияние на ваши дистанционные программы с командами SCPI.

Примечания по калибровочным наборам

85056K

Определения для 85056K, содержащиеся в анализаторе, составлены для мер с соединителями диаметром 2,92 мм (2,4 мм с переходами на 2,92 мм). Для калибровки соединителей диаметром 2,4 мм с использованием калибровочного набора 85056K выберите 85056A в качестве калибровочного набора, когда необходима подвижная нагрузка. В противном случае выберите 85056D в качестве калибровочного набора. Наборы 85056A и 85056D содержат в точности те же меры, что и калибровочный набор 85056K БЕЗ переходов.

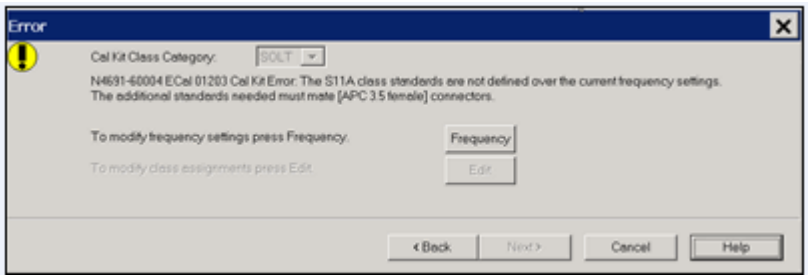
Калибровка методом TRL (перемычка, отражение, линия)

- Чтобы выполнить калибровку TRL, назначьте калибровочный набор TRL порту с наименьшим номером в каждой паре портов.
- При выборе калибровочного набора TRL на анализаторе модели VNA-L, для которого требуется калибровка по разности согласований, если глобальная калибровка по разности согласований (GDM) недоступна, тип калибровки будет установлен на SOLT и в диалоговом окне появится сообщение: Could not find a Global Delta Match Cal (Глобальная калибровка по разности согласований не найдена). Если выбранный калибровочный набор не поддерживает калибровку SOLT, кнопка Next будет недоступна. В этом случае необходимо выбрать другой калибровочный набор для продолжения калибровки или нажать кнопку Cancel и выполнить глобальную калибровку по разности согласований.

Modify Cal (Изменить калибровку): поставить флажок и затем нажать Next, чтобы изменить калибровку (с использованием мер и метода перемычки).

При калибровке больше чем по 4 портам см. раздел «Калибровка с внешними измерительными блоками — выбор соединителей тестируемого устройства».

Справка диалогового окна Error (Ошибка)



Текущий калибровочный набор не охватывает текущий диапазон частот измерений. Чтобы устранить проблему, выполните одно из следующих действий:

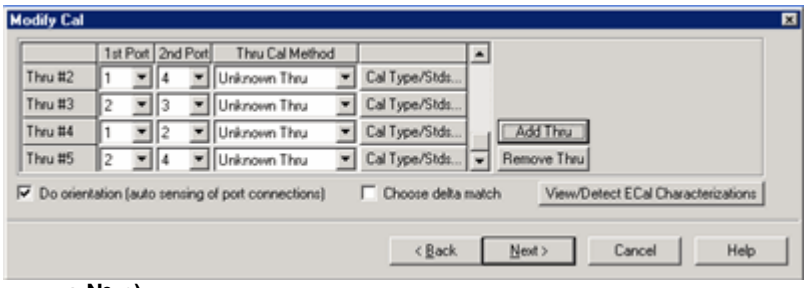
Cal Kit Class Category (Категория класса калибровочного набора): **выберите из SOLT и TRL. Недоступно для модулей ECal.**

Нажмите Edit**, чтобы исправить соответствующие назначенные классы.**

Frequency (Частота): нажмите, чтобы изменить диапазон частот активного канала.

Edit (Редактировать): нажмите для исправления назначенных классов, чтобы выбрать другую меру. Back (Назад): выберите другой калибровочный набор, покрывающий требуемый диапазон частот. Cancel (Отмена): нажмите для выхода из мастера калибровки.

Справка диалогового окна Modify Cal (Изменить калибровку)



Thru #n (Перемычка № n)

Данное поле содержит перечень предложенных соединений с перемычкой, которые должны быть сделаны в процессе калибровки. Вы можете изменить эти соединения с перемычкой в соответствии с особенностями своей схемы измерения.

- Список предложенных соединений с перемычкой создается автоматически.
- Для более высокой точности могут быть выбраны дополнительные соединения с перемычкой.

Add Thru (Добавить перемычку)

Нажмите, чтобы добавить соединение с перемычкой.

Remove Thru (Удалить перемычку)

Выберите перемычку, щелкнув по полю Thru #N или по полю 1st Port / 2nd Port. Затем нажмите Remove Thru. Данная выбранная настройка будет НЕДОСТУПНА, если выбранная перемычка требуется для калибровки.

1st Port / 2nd Port (Первый порт / второй порт)

Нажмите, чтобы выбрать два порта, которые должны быть включены в соединение с перемычкой. Порядок номеров портов не имеет значения.

Thru Cal Method (Метод калибровки по перемычке)

Данное поле содержит перечень доступных методов калибровки по перемычке для заданных пар портов.

Cal Type / Stds (Тип калибровки / меры)

Нажмите, чтобы вызвать диалоговое окно View/Modify Properties of Cal (Просмотр/изменение свойств калибровки).

Do orientation (выполнить ориентацию) — появляется ТОЛЬКО в том случае, если для использования был выбран модуль ECal.

Если в данном поле поставлен флажок (настройка по умолчанию), анализатор автоматически распознает модель и направление, в котором порт модуля ECal подключен к измерительным портам. При слишком низком уровне мощности, подводимой к модулю ECal, анализатор будет считать, что модуль ECal не подключен. Если вы используете низкий уровень мощности и испытываете эту проблему, снимите флажок с данного поля, чтобы задать ориентацию вручную.

Проверка ориентации производится сначала в середине диапазона частот, для которого выполняется калибровка. Если сигнал не будет обнаружен, анализатор повторит попытку при наименьшей частоте в этом диапазоне.

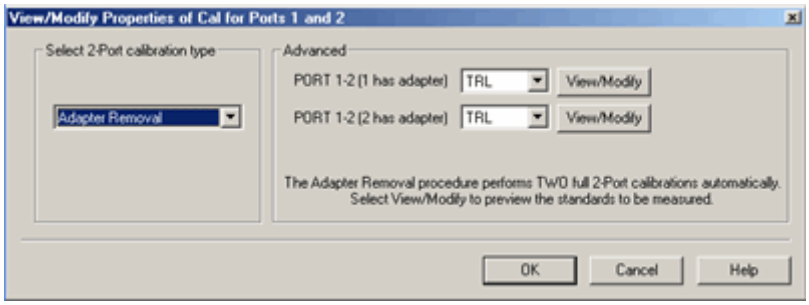
Choose delta match (Выбрать калибровку по разности согласований) — доступно, когда требуется калибровка по разности согласований.

- Поставьте флажок и затем нажмите Next, чтобы вызвать диалоговое окно Select Cal Set for Delta Match (Выбор массива калибровочных коэффициентов для калибровки по разности согласований).
- Убрать флажок: мастер калибровки будет использовать глобальную калибровку по разности согласований, если таковая доступна.

View/Detect ECal Characterizations (Просмотр/обнаружение характеристик модуля ECal) — появляется ТОЛЬКО в том случае, если для использования был выбран модуль ECal.

Нажмите, чтобы вызвать диалоговое окно View ECal Modules and Characterizations (Просмотр модулей ECal и их характеристики). На экране появится список подключенных модулей ECal.

Справка диалогового окна View/Modify Properties of Cal for Ports... (Просмотр/изменение свойств калибровки для портов...)



Select calibration type (Выбор типа калибровки)

Данное поле предоставляет еще один способ изменить метод калибровки по перемычке.

Advanced (Расширенные настройки)

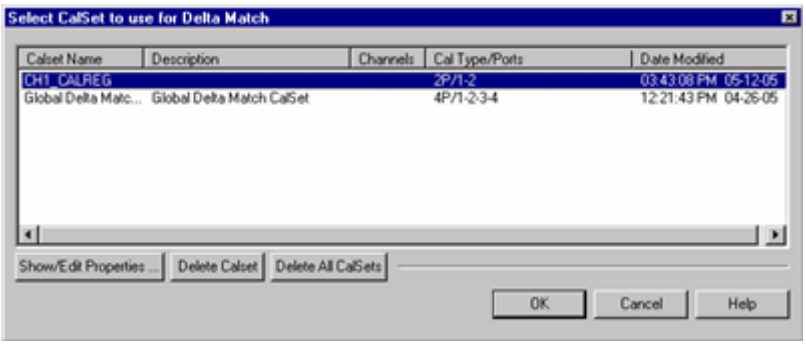
Выберите метод калибровки для каждого соединителя из пары, используемой в перемычке.

- TRL: доступно ТОЛЬКО в случае, если для порта с наименьшим номером в паре портов был выбран калибровочный набор TRL.
- QSOLT: доступно ТОЛЬКО при выборе метода Defined Thru (Определенная мера коэффициента передачи) или Flush Thru (Мера коэффициента передачи нулевой длины). QSOLT 2 <= 1 указывает на порт приемника 2 и порт источника 1 (если подключены меры коэффициента отражения).
- Enhanced Response (Расширенная калибровка): доступно ТОЛЬКО при выборе метода Defined Thru (Определенная мера коэффициента передачи) или Flush Thru (Мера коэффициента передачи нулевой длины). EnhResp 2 <= 1 указывает на порт приемника 2 и порт источника 1.
- Transmission Response (Характеристика передачи): доступно ТОЛЬКО при выборе метода Defined Thru (Определенная мера коэффициента передачи) или Flush Thru (Мера коэффициента передачи нулевой длины), при выборе механической калибровки и при выполнении калибровки по 2 портам. TransResp 2 <= 1 указывает на порт приемника 2 и порт источника 1.

View Modify (Просмотр/изменение): нажмите, чтобы вызвать диалоговое окно Preview and Modify Calibration Selections (Предварительный просмотр и изменение настроек калибровки).

Примечание. Изменения, примененные к калибровочному набору с помощью данного диалогового окна, носят временный характер и действуют только для текущей калибровки. Для применения постоянных изменений к калибровочному набору выполните расширенные изменения в калибровочных наборах.

Справка диалогового окна Select Cal Set for Delta Match (Выбор массива калибровочных коэффициентов для калибровки по разности согласований)

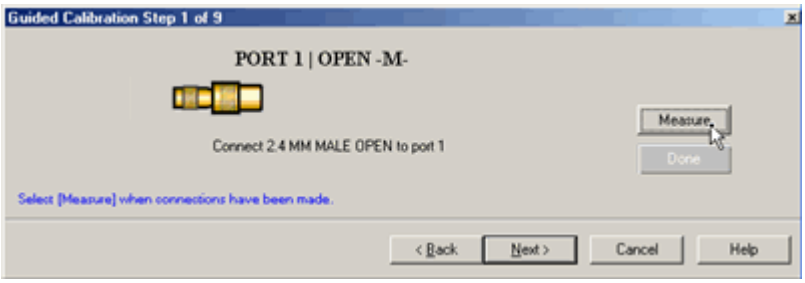


Данное диалоговое окно выводится на экран, когда требуется калибровка по разности согласований и когда была выбрана опция Choose delta match (Выбрать калибровку по разности согласований).

В данном окне отображаются массива калибровочных коэффициентов, отвечающие требованиям калибровки по разности согласований. Выберите либо массив калибровочных коэффициентов пользователя, либо глобальную калибровку по разности согласований.
Если подходящий выбор для калибровки по разности согласований отсутствует:

1. Нажмите Cancel и затем еще раз Cancel, чтобы выйти из мастера калибровки.
2. Выполните либо глобальную калибровку по разности согласований, либо калибровку SOLT и сохраните результат в файле массива калибровочных коэффициентов пользователя.
3. Запустите мастер калибровки, чтобы повторно начать данную калибровку.
4. Выберите глобальную калибровку по разности согласований или массив калибровочных коэффициентов пользователя.

Справка диалогового окна Calibration Steps (Этапы калибровки)



Примечание. Калибровка может выполняться с использованием внешних сигналов запуска. Подробнее.

Одновременно с тем, как появляются подсказки для каждого нового этапа калибровки, графики настраиваются на следующее измерение мер. Кроме того, выполняется непрерывный запуск развертки, пока не будет нажата кнопка Measure. Благодаря этому пользователь может видеть состояние соединения с мерами.

Подсказки для мер, на которых должны выполняться измерения.

Measure (Измерить): нажмите, чтобы выполнить измерение меры.

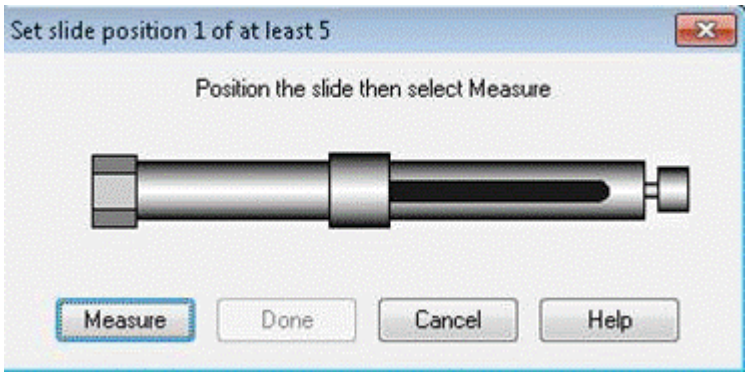
Done (Готово): нажмите после того, как мера будет измерена повторно и все измерения для калибровки будут завершены.

Next (Далее): нажмите для перехода к следующему этапу калибровки. Нажатие данной кнопки НЕ запускает измерение меры.

Если измерения меры НЕ были выполнены, на экране появится предупреждение, и кнопка Done будет недоступна после последнего этапа калибровки.

Примечание. Калибровка SmartCal (управляемая) позволяет выполнять измерения калибровочных мер в произвольной последовательности. Однако при этом необходимо нажимать кнопки Next и Back без выполнения измерений на мерах, пока вы не доберетесь до тех мер, которые требуется измерить.

Справка диалогового окна Sliding Load Measurement (Измерения подвижной нагрузки)



С помощью данного окна могут выполняться измерения мер со подвижной нагрузкой.

Порядок измерения подвижной нагрузки

1. Подключите подвижную нагрузку к измерительному порту в соответствии с процедурой, описанной в руководстве пользователя и руководстве по обслуживанию калибровочного набора.

   Примечание. НЕ соединяйте центральный проводник с посадкой с натягом с центральным проводником измерительного порта.

2. Установите в требуемое положение ползунок и нажмите **Measure**. Не передвигайте ползунок, пока не будет завершено измерение.

Примечание. Направление, в котором перемещается ползунок, НЕ имеет значения. Вы можете начать измерения, установив ползунок спереди и двигая его назад или установив ползунок сзади и двигая его вперед. Для ограничения погрешности, связанной со стабильностью, важно, чтобы измерения начинались с одного конца и продолжались путем перемещения в одном направлении на каждом этапе измерений.

3. Для наилучшей точности выполните измерения подвижной нагрузки как минимум в **пяти** положениях.

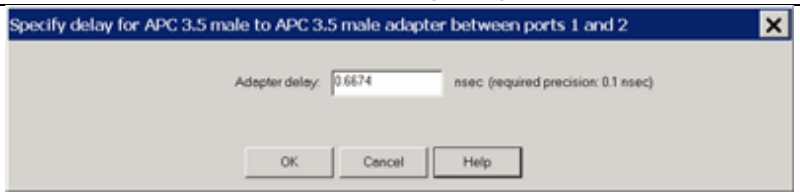
   Примечание. Положения ползунка должны охватывать полную длину подвижного контакта, но при этом расстояние между ними не должно быть одинаковым, чтобы снизить вероятность наложения друг на друга точек данных. У большинства подвижных нагрузок имеются пометки для каждого положения ползунка.

4. После окончания последнего измерения нажмите **Done**.
5. Откройте замок подвижной нагрузки (если имеется) и извлеките подвижную нагрузку из измерительного порта.
6. Выполните измерения на остальных мерах.

Порядок верификации результатов измерений подвижной нагрузки в процессе калибровки

После завершения калибровки можно выполнить повторные измерения подвижной нагрузки. Абсолютное значение потерь на отражение при перемещении ползунка должно оставаться практически постоянным. Если расстояния между положениями ползунка были неадекватными в связи с выбранными положениями ползунка, появятся диапазоны частот, в которых абсолютное значение не будет оставаться практически постоянным.

Справка диалогового окна Specify delay (Настройка задержки)



Данное диалоговое окно появляется ТОЛЬКО при выполнении калибровки с удалением эффектов перехода или с неизвестной мерой коэффициента передачи.

Следующие значения были определены по результатам измерений. В большинстве случаев они будут адекватными. Однако в режиме развертки с непрерывной волной или частотной развертки с большим размером шага точность данных значений можно улучшить.

Adapter delay (Задержка на переходе): чтобы улучшить это значение, измерьте и запишите задержку на переходе при малом размере шага. Введите здесь полученное значение. Требуемое значение точности будет представлять собой ту точность, которая требуется для характеризации задержки.

Nominal phase offset (Номинальное смещение фазы) (ТОЛЬКО для волноводов). Чтобы улучшить это значение, измерьте и запишите смещение фазы на переходе волновода при малом размере шага. Введите здесь полученное значение.

В случаях, когда один соединитель имеет коаксиальную конструкцию, а другой представляет собой волновод, смещение фазы может иметь неопределенность в пределах 180°. Для сохранения единства приведенная здесь оценка всегда находится в диапазоне от 0° до 180°. Вы можете в любой момент изменить эту оценку на любое значение в интервале от –180° до +180°.

При калибровке FCA/смесителей это диалоговое окно появляется дважды: один раз для частот на входе и второй раз для частот на выходе. Эти значения могут слегка отличаться.

После завершения измерений всех мер появится диалоговое окно Calibration Complete (Калибровка завершена).

Базовая калибровка

Базовая калибровка

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки

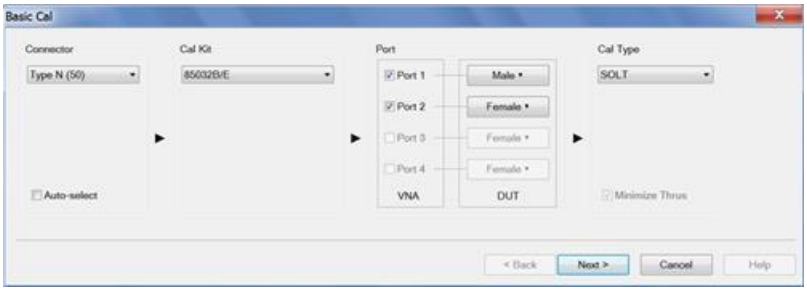
1. Нажмите **Cal** > ***Main*** > **Basic Cal...**

Команды программирования

С помощью данного окна может быть выполнена базовая калибровка. Она имеет следующие ограничения:

- один тип соединителя;
- один калибровочный набор;
- один тип калибровки;
- без калибровки развязки;
- без калибровки мощности.

Справка диалогового окна Basic Cal (Базовая калибровка)



Connector Type (Тип соединителя): позволяет пользователю выбрать один тип соединителя.

Cal Kit (Калибровочный набор): **позволяет пользователю выбрать один калибровочный набор. Отображаемые варианты выбора соответствуют выбранному типу соединителя.**

Port (Порт): позволяет пользователю выбрать тип соединителя порта. *No Connect (Соединение отсутствует):* указывает на то, что ни один из портов не подключен к анализатору VNA.

Cal Type (Тип калибровки): позволяет пользователю выбрать тип калибровки. Отображаемые варианты выбора соответствуют выбранным калибровочному набору, типу разъема и типу соединителей.

Save As Calset... (Сохранить как массив калибровочных коэффициентов): пока калибровка не завершена, данная опция неактивна (выделена серым). По завершении калибровки щелкните по данной кнопке, чтобы сохранить калибровку.

Неуправляемая калибровка

Неуправляемая калибровка

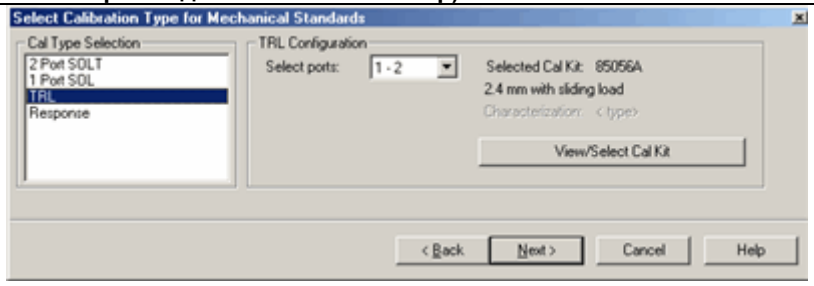
С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки

1. Нажмите **Cal** > ***Main*** > **Other Cals** > **Response Cal...**

Programming Commands

При выполнении неуправляемой калибровки появятся следующие диалоговые окна.

Справка диалогового окна Select Calibration Type for Mechanical Standards (Выбор типа калибровки для механических мер)



Неуправляемая калибровка НЕ поддерживает калибровку более чем по 2 портам и калибровку ECal.

Calibration Type Selection (Выбор типа калибровки)

- 2-Port SOLT (Двухпортовая SOLT)
- 1-Port SOL (Однопортовая SOL)
- TRL — **подробнее о TRL**
- Response (Отклик) — **отражение и перемычка (если активным типом измерений является измерение параметров передачи)**

Cal Configuration (Конфигурация калибровки): **если калибровка выполняется не на всех портах, необходимо указать, на каких портах она будет выполняться.**

Back (Назад): **возврат в диалоговое окно начала мастера калибровки.**

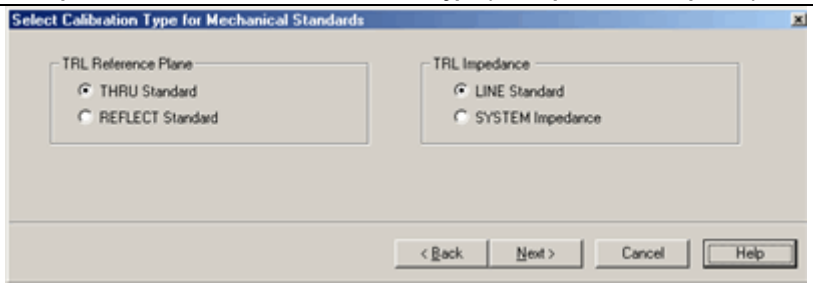
View/Select Cal Kit (Просмотр/выбор калибровочного набора): нажмите для вызова диалогового окна Select Cal Kit (Выбор калибровочного набора).

Примечание. При выборе калибровочного набора с импедансом, отличающимся от 50 Ом (волновод = 1 Ом), перед выполнением калибровки БОЛЬШЕ НЕ ТРЕБУЕТСЯ изменять настройку импеданса

системы. Теперь импеданс для калибровки принимается по импедансу калибровочного набора.

Next (Далее): нажмите, чтобы перейти к диалоговому окну Measure Mechanical Standards (Измерение механических мер).

Справка диалогового окна Select Cal Type (Выбор типа калибровки)



Данное диалоговое окно появляется ТОЛЬКО в том случае, если в предыдущем диалоговом окне для типа калибровки было выбрано TRL.

TRL Reference Plane (опорная плоскость TRL): выберите, какая мера должна использоваться для задания положения опорной плоскости измерений.

THRU Standard (Мера коэффициента передачи): выберите, если мера коэффициента передачи имеет нулевую или очень малую длину.

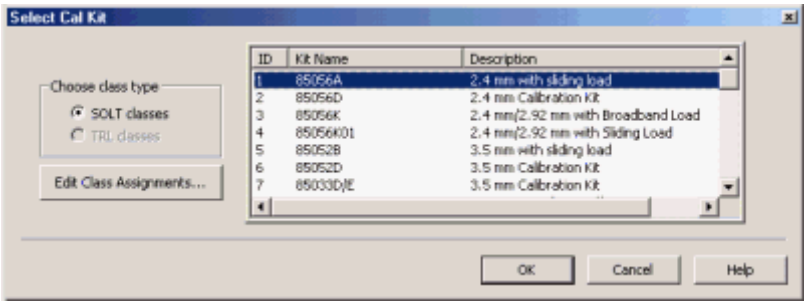
REFLECT Standard (Мера коэффициента отражения): выберите, если мера коэффициента передачи не подходит для использования, и, если задержка меры коэффициента отражения хорошо известна.

TRL Impedance (Импеданс TRL)

LINE Standard (Мера линии): при поставленном флажке в данном поле в качестве импеданса системы должен использоваться волновой импеданс меры линии. При этом игнорируются любые различия между характеристиками Z0 смещения, потерь на смещение и Z0 системы.

SYSTEM Impedance (Импеданс системы): при поставленном флажке в данном поле импеданс меры линии и потери на ней преобразуются в импеданс системы для использования с параметрами погрешности калибровки. При калибровке TRL будут сначала рассчитаны параметры погрешности с учетом импеданса меры линии в качестве волнового импеданса системы (так же как при выборе предыдущей опции LINE), после чего параметры погрешности будут скорректированы с учетом преобразования импеданса. Это следует использовать только с коаксиальными линиями, так как используемая модель скин-эффекта основывается на коаксиальной модели.

Справка диалогового окна Select Cal Kit (Выбор калибровочного набора)



В данном окне отображаются файлы калибровочных наборов, доступные для неуправляемой калибровки. Выберите требуемый файл калибровочного набора и нажмите OK.

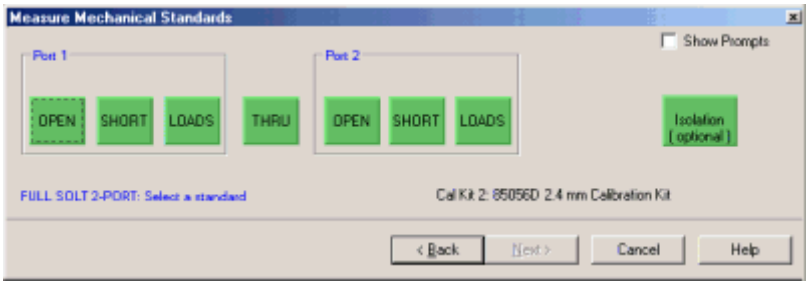
Choose class type (Выбор типа класса)

Edit Class Assignments (Редактировать назначения классов): позволяет вносить изменения в назначения классов для выбранного калибровочного набора.

- Более подробная информация о замене на другие калибровочные наборы содержится в разделе «Расширенные изменения в калибровочных наборах».
- Хотя неуправляемая калибровка может иметь доступ только к механическим калибровочным наборам с номерами с 1-го по 95-й, может быть импортировано больше калибровочных наборов.

Примечание. При выборе калибровочного набора с импедансом, отличающимся от 50 Ом (волновод = 1 Ом), перед выполнением калибровки БОЛЬШЕ НЕ ТРЕБУЕТСЯ изменять настройку импеданса системы. Теперь импеданс для калибровки принимается по импедансу калибровочного набора.

Справка диалогового окна Measure Mechanical Standards (Измерение механических мер)



Примечание. Калибровка может выполняться с использованием внешних сигналов запуска. Подробнее.

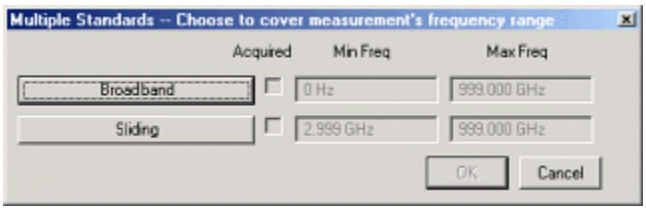
В данном окне отображается файл калибровочного набора и перечисляются меры, требуемые для калибровки.

- Меры могут подключаться и измеряться в произвольной последовательности.
- Подключите меру к измерительному порту и щелкните по соответствующей ей зеленой кнопке. Отметка в виде галочки указывает на то, что мера была измерена.
- Если тот или иной тип мер содержит составные меры, появится диалоговое окно Multiple Standards (Составные меры), в котором будут показаны составные меры, включенные в файл калибровочного набора.
- Если в файл калибровочного набора включена подвижная нагрузка, появится диалоговое окно Sliding Load (Подвижная нагрузка), с помощью которого могут быть выполнены измерения на данной мере.
- Reflection Response (Отклик отражения): выберите меру ЛИБО холостого хода, ЛИБО короткого замыкания и нажмите Next.
- Isolation (Развязка): требует одной нагрузки для каждого измерительного порта. Используйте данную опцию, когда для ваших измерений требуется максимальный динамический диапазон (более 90 дБ).
- Normalize (Нормализация): данная опция доступна при выполнении калибровки ответного сигнала для любых измерений. После нажатия кнопки Normalize и завершения калибровки график измеренных значений будет ровным, когда на порту присутствуют одинаковые

физические соединения. Это аналогично использованию данных/памяти, за исключением того, что калибровка ответного сигнала сохраняется с данными калибровки и может применяться к другим подобным измерениям. После использования нормализации данные/память все также остаются доступными. Обычно при калибровке для измерений параметров передачи подключают меру коэффициента передачи, а при калибровке для измерений параметров отражения подключают меру короткого замыкания.

Show Prompts (Показывать подсказки): поставьте флажок, чтобы получать напоминания о требуемом соединении, когда будет сделан щелчок по мере.

Справка диалогового окна Multiple Standards (Составные меры)



С помощью данного окна могут быть выбраны меры, на которых должны выполняться измерения.

Примечание. В списке могут быть видны меры с соединителями как «вилка», так и «розетка». При неуправляемой калибровке анализатор не имеет информации о типах соединителей используемых разъемов. Выберите тип соединителя для разъемов на своем тестируемом устройстве, но НЕ для разъема измерительного порта. Затем нажмите OK.

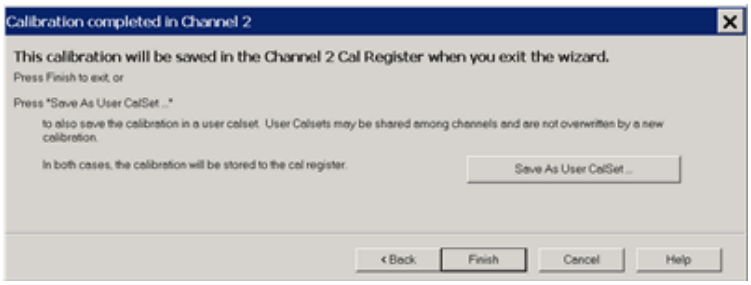
Для изменения данного класса калибровки, чтобы в нем была показана только одна калибровочная мера, в меню Calibration (Калибровка) нажмите Advanced Modify Cal Kits (Расширенные изменения в калибровочных наборах). Выберите калибровочный набор и нажмите Edit Kit (Редактировать набор). В меню Class Assignment (Назначение класса) нажмите Edit (Редактировать).

- Подключите меру к измерительному порту и щелкните по соответствующей ей кнопке. Отметка в виде галочки в поле Acquired (Данные получены) указывает на то, что мера была измерена.
- Для охвата всего диапазона частот может потребоваться измерить несколько мер. Порядок, в котором выполняются измерения мер, имеет значение. Данные для последней меры, на которой были выполнены измерения, заменяют собой другие данные по диапазону частот в определении мер. Пример: в случае измерений широкополосной нагрузки и подвижной нагрузки измерения подвижной нагрузки должны выполняться последними. Это связано с тем, что диапазон частот подвижной нагрузки является подмножеством широкополосной нагрузки.

Сохранение калибровки

По завершении калибровки SmartCal, ECal и неуправляемой калибровки появляется следующее диалоговое окно:

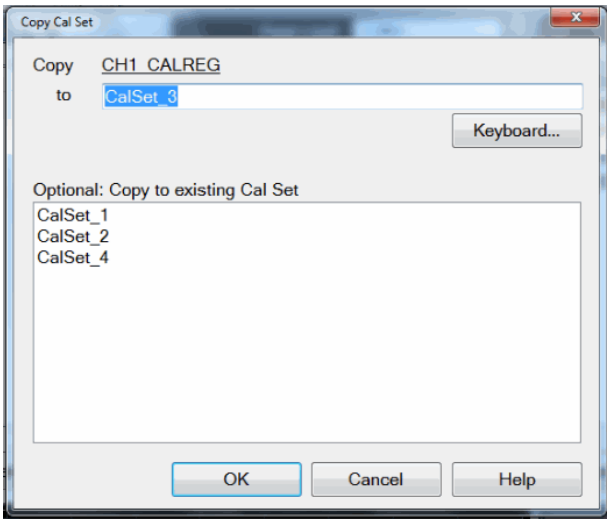
Справка диалогового окна Calibration Completed (Калибровка завершена)



Finish (Завершить): сохранить данные в реестре калибровки канала.

Save As User Cal Set (Сохранить как массив калибровочных коэффициентов пользователя): открывает диалоговое окно Save as User Cal Set (Сохранить как массив калибровочных коэффициентов пользователя) И сохраняет данные в реестре калибровки канала.
Cancel (Отмена): результаты калибровки НЕ применяются и НЕ сохраняются.

Справка диалогового окна Copy Cal Set (Копирование массива калибровочных коэффициентов)



Existing Cal Sets (Существующие массивы калибровочных коэффициентов): перечисляет названия ранее сохраненных массивов калибровочных коэффициентов.

Copy to (Копировать в): указать название нового массива калибровочных коэффициентов. Примите предлагаемое новое название, наберите новое название или выберите название из списка, чтобы переписать существующий файл с таким названием.

OK: сохранение массива калибровочных коэффициентов под новым названием и выход из диалогового окна.

Управляемая калибровка мощности

Калибровка мощности источника и приемника может выполняться в процессе стандартной управляемой калибровки по S-параметрам. По сравнению со стандартной калибровкой мощности источника и приемника данная калибровка мощности имеет ряд улучшений:

- возможность выполнения калибровки мощности источника и приемника для всех портов PNA с одним подключением датчика мощности;
- возможность использования нескольких датчиков мощности для покрытия широких диапазонов частот;
- автоматическая коррекция приемников;
- компенсация эффектов перехода, который может использоваться для подключения датчика мощности (опция);
- возможность выполнения измерений мощности с коррекцией согласования (опционально);
- коррекция мощности источника и приемника сохраняется в файле массива калибровочных коэффициентов вместе с коррекцией S-параметров.

Примечание. При включенном режиме смещения частоты результаты управляемой калибровки мощности будут неточными.

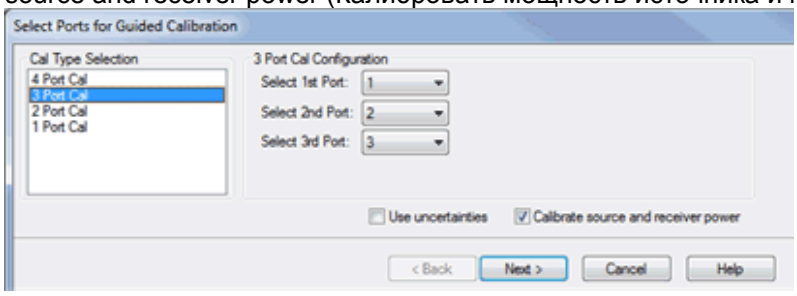
Подробнее о стандартной калибровке мощности источника и приемника.

Порядок выполнения управляемой калибровки мощности

1. В стандартном канале (S-параметры) выполните настройку своих измерений (тип развертки, диапазон частот, ширина полосы пропускания по промежуточной частоте и т. д.). Специальная версия данной функции доступна с измерениями SMC в миллиметровом диапазоне волн.
2. Подключите измеритель/датчик мощности так же, как и для стандартной калибровки мощности источника.
3. Запустите мастер калибровки и выберите управляемую калибровку (SmartCal). Как это сделать.

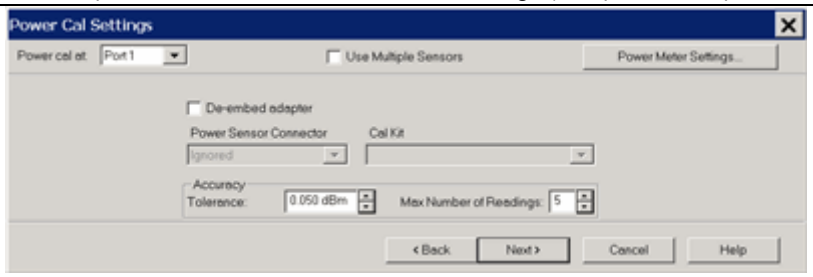
Команды программирования

В следующем диалоговом окне Select Ports (Выбор портов) поставьте флажок для Calibrate source and receiver power (Калибровать мощность источника и приемника) и затем нажмите Next.



Через следующие две страницы мастера калибровки заполните следующее диалоговое окно.

Справка диалогового окна Power Cal Settings (Настройки калибровки мощности)



Примечание. Поле Use Power Table (Использовать таблицу мощности) (не показано) доступно при активных измерениях SMC в миллиметровом диапазоне волн.

Power Cal at (Калибровка мощности на): выберите порт источника, для которого будет выполнена калибровка мощности. Коррекция источника и приемника будет передаваться на все остальные источники и приемники, задействованные в измерениях S-параметров.

Use Multiple Sensors (Использовать несколько датчиков): **НЕДОСТУПНО с измерениями SMC.**

Поставьте флажок в данном поле, чтобы использовать один или несколько датчиков мощности, которые настроены как устройства PMAR. Вместо этого диалогового окна появится диалоговое окно Multiple Sensors (Несколько датчиков). См. следующую иллюстрацию.

При снятом флажке в Use Multiple Sensors (настройка по умолчанию) щелкните по **Power Meter Settings (Настройки измерителя мощности)**, чтобы задать конфигурацию измерителя мощности.

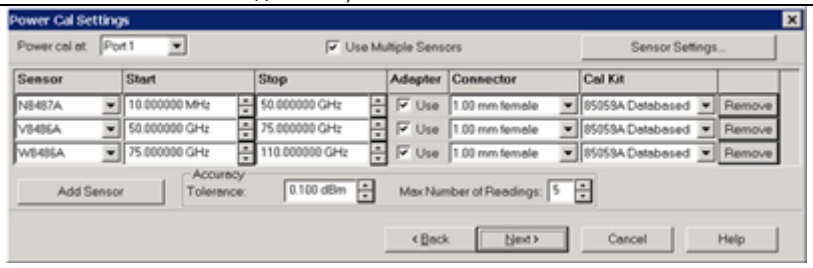
De-embed adapter (Устранить влияние перехода датчика мощности): если соединитель датчика мощности НЕ соответствует типу разъема и типу соединителя тестируемого устройства для указанного порта, для оптимальной точности потребуются дополнительные этапы калибровки, на которых выполняются измерения и вносятся поправки на влияние перехода, используемого для соединения датчика мощности с опорной плоскостью.

Снимите флажок с этого поля, чтобы НЕ вносить поправки на влияние дополнительного перехода.
Поставьте флажок в этом поле, чтобы выполнить дополнительные этапы калибровки с измерениями и внесением поправки на влияние перехода. Затем выберите тип разъема и тип соединителя датчика мощности. Ignored (Игнорировать): поправка на влияние дополнительного перехода вноситься НЕ будет, как если бы не был поставлен флажок в соответствующем поле.

Когда данный соединитель соответствует соединителю тестируемого устройства для того же порта, анализатор PNA считает, что переход отсутствует. В этом случае дополнительные этапы калибровки НЕ требуются и выбор калибровочного набора становится недоступным.
В противном случае выберите калибровочный набор, который должен использоваться для калибровки у перехода.

См. настройки точности далее.

Справка диалогового окна Power Cal Settings - Use Multiple Sensors (Настройки калибровки мощности — использовать несколько датчиков)



Примечания.

Использование нескольких датчиков возможно ТОЛЬКО на стандартных каналах и при полной калибровке Cal All.

Датчики мощности, используемые в опции с несколькими датчиками мощности, должны быть настроены как устройства PMAR.

Power Cal at (Калибровка мощности на): выберите порт источника, для которого будет выполнена калибровка мощности. Коррекция источника и приемника будет передаваться на все остальные источники и приемники, задействованные в измерениях S-параметров.

Sensor Settings (Настройки датчика): нажмите, чтобы открыть диалоговое окно Sensor Settings (Настройки датчика), с помощью которого может быть добавлено и настроено внешнее устройство.

Таблица датчиков

Sensor (Датчик): выберите датчик мощности и соответствующий диапазон частот, заданный начальной (поле Start) и конечной (поле Stop) частотами.

Adapter (Переход): если соединитель датчика мощности НЕ соответствует типу разъема и типу соединителя тестируемого устройства для указанного порта, для оптимальной точности потребуются дополнительные этапы калибровки, на которых выполняются измерения и вносятся поправки на влияние перехода, используемого для соединения датчика мощности с опорной плоскостью.

Снимите флажок с этого поля, чтобы НЕ вносить поправки на влияние дополнительного перехода.

Поставьте флажок в этом поле, чтобы выполнить дополнительные этапы калибровки с измерениями и внесением поправки на влияние перехода. Затем укажите тип разъема и тип соединителя датчика мощности. Когда данный соединитель соответствует соединителю тестируемого устройства для того же порта, дополнительные этапы калибровки НЕ требуются и выбор калибровочного набора становится недоступным. В противном случае выберите калибровочный набор, который должен использоваться для калибровки у перехода.

Remove (Удалить): нажмите, чтобы удалить датчик мощности из списка.

Add Sensor (Добавить датчик): нажмите, чтобы добавить новую строку, и затем нажмите клавишу со стрелкой вниз для выбора датчика. Если датчика мощности НЕТ в списке, нажмите Sensor Settings, чтобы настроить конфигурацию датчика мощности.

Accuracy (Точность)

Tolerance (Допуск): если последовательные показания датчика мощности не отличаются друг от друга больше, чем на данное значение, то показания считаются стабилизированными.

Max Number of Readings (Максимальное число показаний): задает максимальное число показаний, которое будет получено с датчика мощности для достижения стабилизации. Каждое из показаний мощности считается стабилизированным, если выполняется любое из следующих условий:

- два последовательных показания не отличаются друг от друга больше, чем на значение, указанное в поле Tolerance;
- достигнуто число показаний, указанное в поле Max Number of Readings.

Снятые показания совместно усредняются, чтобы получить стабилизированное показание.

Справка диалогового окна Power Sensor Connection step (Этап подключения датчика мощности)

Power Level (Уровень мощности): задайте уровень мощности, на котором должна быть выполнена калибровка мощности источника.

Обычно наилучшим выбором для калибровки мощности источника является уровень 0 дБм, так как на нем выполняется калибровка датчика мощности. Если в ваших измерениях уровень 0 дБм недостижим, задайте уровень мощности с наименьшим уровнем шума при измерениях.

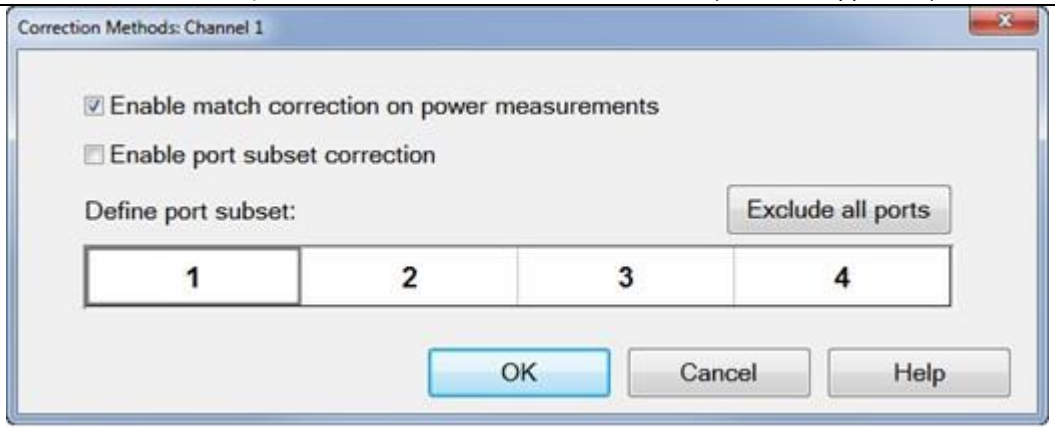
Выключение коррекции согласования

В ходе управляемой калибровки мощности измеряется согласование между датчиком мощности и портом источника анализатора VNA. В массив корректировки мощности источника вносится поправка, учитывающая измеренное рассогласование. Кроме того, в результаты измерений у опорного приемника также вносится поправка, учитывающая рассогласование.

Порядок выключения коррекции согласования

Нажмите **Cal** > ***Main*** > **Correction Methods...**

Справка диалогового окна Correction Methods (Методы коррекции)



Enable match correction on power measurements (Разрешить коррекцию согласования при измерениях мощности)

По умолчанию в управляемой калибровке мощности применяется коррекция согласования к измерениям приемника. Однако в следующих случаях может быть желательным отключить коррекцию согласования:

- при выполнении нетиповых измерений, таких как измерения высокой мощности или измерения в конфигурациях с несколькими портами. Вследствие добавления компонентов или изменений в конфигурации результаты измерений рассогласования могут быть недействительными;
- если имеется удаленная программа, которая уже учитывает эффекты согласования датчика.

Снимите флажок с этого поля, чтобы НЕ применять коррекцию согласования на всех приемниках, используемых в данном канале. При этом к приемникам все так же будет применяться коррекция с использованием стандартной калибровки приемников.

Поставьте флажок в этом поле, чтобы применять коррекцию согласования на всех приемниках, используемых в данном канале.

Enable port subset correction (Разрешить коррекцию для подмножества портов)

Калибровка всех каналов

Функция Cal All позволяет выполнять калибровку нескольких каналов в ходе одного сеанса калибровки. Благодаря этому уменьшается не только число соединений, которое необходимо выполнить, но также и требуемое число измерений калибровочных мер.

Примечание. Начиная с версии A.12.80, функция Cal All была расширена для возможности применения с новой опцией расширения низкой частоты (LFE). Если пользователь имеет как LFE-каналы, так и обычные каналы и если он желает использовать функцию Cal All для одновременной калибровки всех этих каналов, то в целях учета аппаратных различий между этими двумя ситуациями создаются два канала калибровки. При использовании графического интерфейса пользователя или средств COM для задания условий калибровки и испытательного сигнала данные настройки применяются к обоим каналам калибровки. При использовании команд SCPI пользователь может направить следующий запрос основного канала управляемой калибровки: SYST:CAL:ALL:GUID:CHAN:VAL? В ответ будет указан основной канал калибровки. При последующем использовании команд управляемой калибровки настройки будут передаваться на второй канал калибровки. Если же требуется задать эти настройки по отдельности, пользователь должен направить следующий запрос всех каналов калибровки Cal All: SYST:CAL:ALL:GUID:CHAN:LIST? Пользователь должен сначала задать настройки для основного канала калибровки, а затем для второстепенного. При инициализации этапов калибровки и сбора данных следует использовать номер основного канала калибровки Cal All.

В данной теме:

- Особенности
- Ограничения
- Порядок выполнения калибровки нескольких каналов Cal All
  - Диалоговое окно Select Channels (Выбор каналов)
  - Диалоговое окно Measurement Class Cal Properties (Свойства калибровки для классов измерений)
  - Настройка независимой калибровки мощности
  - Диалоговое окно Calibration Attenuator Settings (Настройки аттенюатора для калибровки)
  - Диалоговое окно Select DUT Connectors and Cal Kits (Выбор соединителей тестируемого устройства и калибровочных наборов)
  - Диалоговое окно Power Cal Settings (Настройки калибровки мощности)
  - Диалоговое окно Cal Steps (Этапы калибровки)
  - Окончание

Другие темы по калибровке

Особенности

Функция Cal All предлагает единую оптимизированную процедуру калибровки для всех каналов (с некоторыми ограничениями; см. ниже). Оптимизация включает:

- ограничение до минимума числа физических соединений мер;
- ограничение до минимума числа ходов развертки для калибровки измерителя мощности;
- настраиваемые пользователем уровни мощности для S-параметров и этапы калибровки мощности;
- учет различий в настройках переключателей и аттенюаторов между различными каналами. Благодаря этому уменьшается число измерений, требуемое для характеризации различных

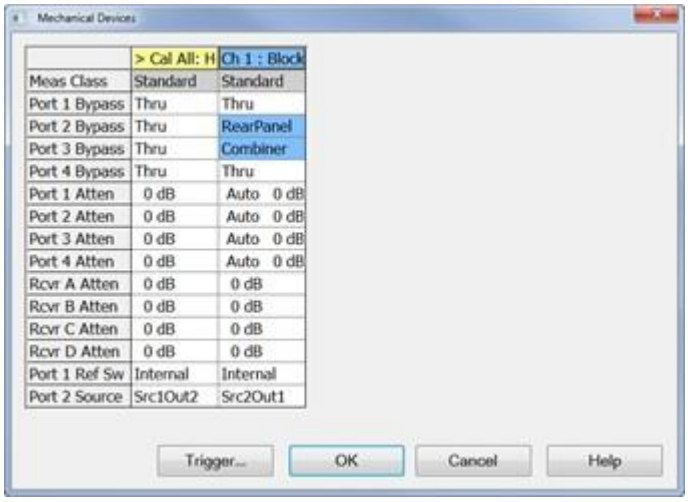
настроек переключателей/аттенюаторов (различий в настройках каналов);

- Cal All позволяет получить то же количество файлов массива калибровочных коэффициентов (параметров погрешности) в том же формате, как если бы калибровка выполнялась по одной за раз;
- калибровка внешних источников, подключаемых к анализатору с помощью настройки конфигурации внешнего источника;
- поддержка измерений в миллиметровом диапазоне волн.

Ограничения

- Каналы VMC НЕ поддерживаются.
- Функция SMC+ Phase с включенным измерением фазы поддерживается при использовании смесителя с известной задержкой или массива калибровочных коэффициентов с опорной фазой. Смесители с характеристиками, задаваемыми файлами S2P, НЕ поддерживаются.
- Для каналов, отличных от IMD, в процессе калибровки Cal All используется широкополосный тракт ПЧ. Поэтому отличные от IMD каналы, в которых используется узкополосный тракт ПЧ (например, для узкополосных импульсных измерений) или которые допускают выбранные вручную частоты ПЧ, не будут правильно откалиброваны.
- Экстраполяция ECal НЕ поддерживается в каналах Swept IMD и IMDx.
- Пуск анализатора VNA в многопортовом режиме НЕ поддерживается.
- Калибровка Cal All выполняется при одной ширине полосы пропускания по промежуточной частоте.
- Все калибруемые каналы принудительно переводятся в режим пошаговой развертки.
- Все подлежащие калибровке каналы ДОЛЖНЫ иметь одну опорную плоскость калибровки. Другими словами, калибровка Cal All не может вносить поправки на какие-либо изменения в тракте, произошедшие вне анализатора.
- Калибровка Cal All не может использоваться для следующих конфигураций с каналами Swept IMD и IM Spectrum (для таких конфигураций вместо нее следует использовать мастер калибровки):
    - порт 3 в качестве входа и порт 4 в качестве выхода с использованием внешней схемы сложения;
    - использование N5242B с внешней схемой сложения, имеющей большие отличия потерь в тракте от внутренней схемы сложения.
- Номинально функция Cal All использует предварительно заданные условия для переключателей и аттенюаторов, определяющих конфигурацию тракта во время калибровки (если только они не были изменены пользователем на страницах мастера калибровки Cal All). Преимущество подхода, положенного в основу калибровки Cal All, состоит в том, что он предусматривает измерение всех различий в коммутируемом тракте между каналами и внесение соответствующей поправки на параметры погрешности для каждого канала. Однако настройка конфигурации Port 2 Source (Порт 2 — источник) не относится к вещам, которые функция Cal All может автоматически удалить. Поэтому для калибровки канала с альтернативной конфигурацией Port 2 Source потребуется скорректировать настройки калибровки Cal All следующим образом:

  Если для конфигурации задана настройка **Src2 out Port 2**, настройки калибровки Cal All должны быть изменены для приведения их в соответствие настройкам конфигурации ВЧ-тракта для данного канала. Для этого используйте диалоговое окно Mechanical Devices (Механические устройства) в мастере калибровки Cal All. В диалоговом окне слева показаны настройки калибровки Cal All по умолчанию при предварительно заданных условиях и настройки каналов, когда для конфигурации задана настройка **Src2 out Port 2**. В диалоговом окне справа показаны исправленные (выделенные) настройки калибровки Cal All, приведенные в соответствие настройкам каналов.



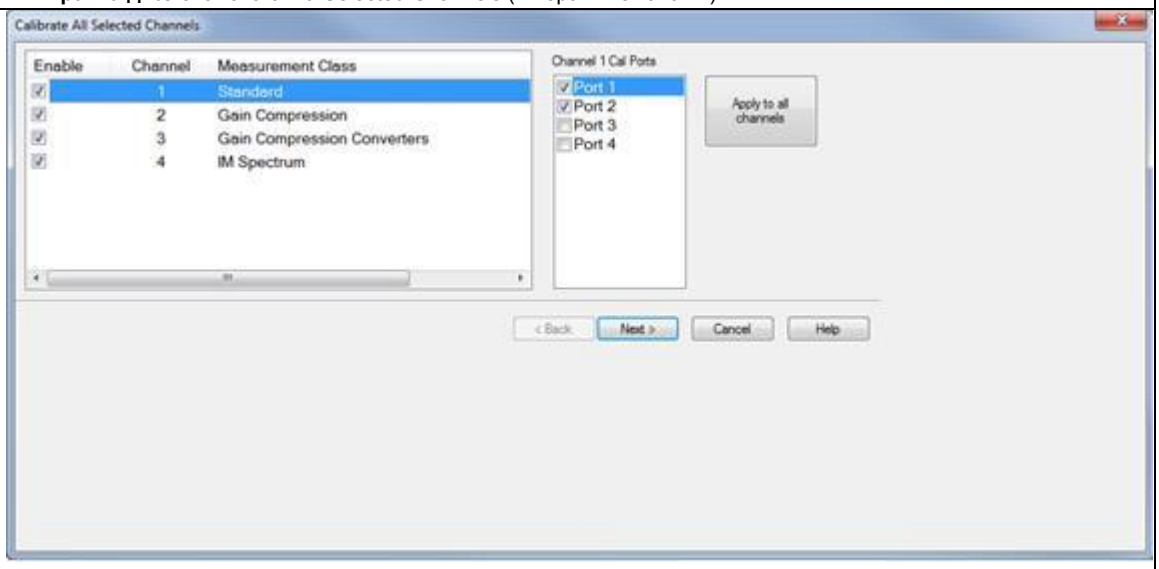
Порядок выполнения калибровки нескольких каналов Cal All

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки

1. Нажмите **Cal** > ***Other Cals*** > **Cal All...**

Команды программирования

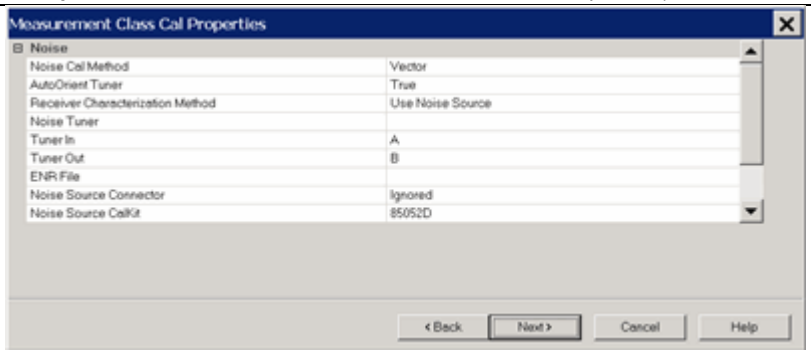
Справка диалогового окна Selected Channels (Выбранные каналы)



1. Отметьте флажком каналы, которые требуется откалибровать.
2. Отметьте флажком порты, которые требуется откалибровать. Нажмите кнопку **Apply to all channels (Применить ко всем каналам)** для применения выбранных портов ко всем каналам.
3. Нажмите **Next> (Далее)**.

Примечание. Чтобы выполнить калибровку мощности гетеродина для канала смесителя, задайте порт гетеродина анализатору VNA или внешнему источнику в диалоговом окне Mixer Setup (Настройка смесителя) и затем выберите этот порт в данном диалоговом окне.

Справка диалогового окна Measurement Class Cal Properties (Свойства калибровки для классов измерений)



Подтвердите или исправьте следующие уникальные свойства калибровки для каждого канала, подлежащего калибровке. Щелкните по ссылке, чтобы узнать больше об этих свойствах.

Свойства с пометкой (NOT available in Cal All) НЕДОСТУПНЫ в калибровке Cal All, так как они применяются в отдельной калибровке.

Differential IQ

- Данная калибровка представляет собой калибровку стандартного канала с обязательным выполнением управляемой калибровки мощности.

Spectrum analyzer

- Данная калибровка представляет собой калибровку стандартного канала с обязательным выполнением управляемой калибровки мощности.

Gain compression и GCX

- Уникальные свойства отсутствуют.

Коэффициент шума и NFX

	Программирование	
Настройка интерфейса пользователя	Свойство	Значение
Cal Method (Метод калибровки)	"Noise Cal Method" (Метод калибровки уровня шума)	"Scalar" (Скалярный) "Vector" (Векторный)
Noise Tuner (Тюнер шума) (используется с методом векторной калибровки)	"AutoOrient Tuner" (Автоматическая ориентация регулятора)	"true" — с автоматической ориентацией "false" — БЕЗ автоматической ориентации
Если "AutoOrient Tuner" = false (ручная ориентация)	"Tuner In" "Tuner Out"	Порт регулятора соединен с входом тестируемого устройства Порт регулятора соединен с выходом тестируемого устройства Пример: "A" или "B"
Receiver Characterization Method (Метод характеризации приемника)	"Receiver Characterization Method"	"Use Power Meter" (Использовать измеритель мощности) "Use Noise Source" (Использовать генератор шума)
Specify the Noise Source connector (Задать соединитель генератора шума) — при необходимости, используется для однопортовой калибровки.	"Noise Source Connector" (Соединитель генератора шума)	Строка с названием действительного типа соединителя. Для запроса действительных типов соединителей: COM: ValidConnectorTypes SCPI: SENS:CORR:COLL:GUID:CONN:CAT?
Specify the Noise Source cal kit (Задать калибровочный набор генератора шума) — при необходимости, используется для однопортовой калибровки.	"Noise Source CalKit" (Калибровочный набор генератора шума)	Строка с названием действительного калибровочного набора. Для запроса названий действительных калибровочных наборов: COM:GetCompatibleCalKits SCPI: SENS:CORR:COLL:GUID:CKIT:CAT?
Specify ENR file (Задать файл ENR)	"ENR File" (Файл ENR)	Строка с путем и названием файла ENR.

Include Power Calibration (Включить калибровку мощности)	"Include Power Calibration" "Enable Extra Power Cals" (Разрешить дополнительную калибровку мощности) "Port 1 Src2 Cal Power" (Калибровка мощности порта 1 источника 2)	"true" или "false" "Port 1", "Port 2", "Port 3", "Port 4" и (или) "Port 1 Src2" Целое число, соответствующее действительной мощности калибровки. Например, "-20" обозначает уровень мощности –20 дБм. Действительно только при выборе независимой калибровки порта на Port 1 Src2.

Swept IMD и IMDX

	Программирование	
Настройка интерфейса пользователя	Свойство	Значение
Max Product Order (Максимальный порядок результата)	"Max Product Order"	Целое число, указывающее требуемый порядок результата.
Include 2nd Order (Включить второй порядок)	"Include 2nd Order"	"true" или "false"
Response only (Только отклик) (НЕДОСТУПНО при калибровке Cal All)		
Center Frequencies only (Только центральные частоты) (НЕДОСТУПНО при калибровке Cal All)		

IMSpectrum

- Уникальные свойства отсутствуют.

SMC (VMC НЕ предлагается)

	Программирование	
Настройка интерфейса пользователя	Свойство	Значение
Enable Phase Correction (Разрешить коррекцию фазы)	"Enable Phase Correction"	"true" или "false"
Phase Correction Method (Метод коррекции фазы)	"Phase Correction Method"	"Use Mixer Delay" (Использовать задержку смесителя) "Use Receiver Characterization Calset" (Использовать массив калибровочных коэффициентов для характеризации приемника)
Mixer Delay (Задержка смесителя)	"Mixer Delay"	Действительное число, соответствующее значению задержки.

Receiver Characterization Cal Set (Массив калибровочных коэффициентов для характеризации приемника)	"Calset" (Массив калибровочных коэффициентов)	Строка с названием массива калибровочных коэффициентов.
Characterized mixer (s2p file) (Охарактеризованный смеситель — файл s2p) (НЕДОСТУПНО при калибровке Cal All)		

Standard

	Программирование	
Настройка интерфейса пользователя	Свойство	Значение
Include Power Calibration (Включить калибровку мощности)	"Include Power Calibration" "Enable Extra Power Cals" (Разрешить дополнительную калибровку мощности) "Port 1 Src2 Cal Power" (Калибровка мощности порта 1 источника 2)	"true" или "false" "Port 1", "Port 2", "Port 3", "Port 4" и (или) "Port 1 Src2" Целое число, соответству-ющее действительной мощности калибровки. Например, "-20" обозначает уровень мощности –20 дБм. Действительно только при выборе независимой калибровки порта на Port 1 Src2.

Калибровка мощности считается необязательной только в том случае, если ни один из выбранных каналов не требует калибровки мощности.

Настройка независимой калибровки мощности

Независимая калибровка мощности

Существует ряд приложений, которые управляют внутренними и внешними источниками в режиме, где часто отсутствует связь с диапазоном, в котором выполняется свипирование приемников. К таким приложениям относятся, например, дифференциальный IQ-анализ и анализатор спектра. Функция Cal All может добавлять калибровку мощности для любого порта (включая внешние источники) в произвольном диапазоне частот, заданном пользователем.

Для всех портов, которые были выбраны для независимой калибровки мощности (за исключением порта Port 1 Src 2; см. ниже), выполняются измерения в процессе калибровки датчика мощности. Полученные в результате параметры коррекции согласования источника добавляются к массиву калибровочных коэффициентов для ВСЕХ каналов, которые были выбраны для калибровки Cal All. Калибровка мощности, используемая в Cal All, имеет все те же функциональные возможности, что и типовая калибровка мощности. Сюда входят возможность задания сдвигов мощности и мощности, при которой калибровка будет завершена, и возможность использования нескольких датчиков мощности (следует отметить, что возможность использования нескольких датчиков мощности имеется только у обычных портов PNA, то есть не у портов внешних источников или вспомогательных портов).

Калибровка порта Port 1 Src2

Калибровка порта Port 1 Src2 представляет собой особый случай. Здесь калибровка требуется в ситуациях, когда переключатель обвода порта Port 1 находится в режиме Combiner Path (Тракт схемы сложения) и при этом либо переключатель обвода порта Port 3 (у 4-портовых PNA-X), либо переключатель обвода Source 2 out 1 (у 2-портовых PNA-X с 2 источниками) также находится в режиме Combiner Path. Поэтому, если пользователем будет запрошена калибровка данного порта:

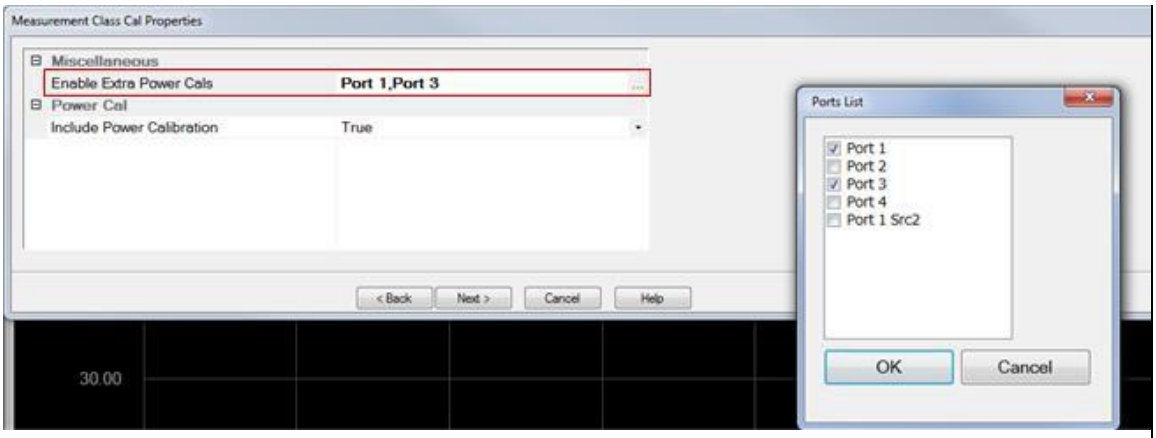
1. Порт Port 1 будет также откалиброван при тех же частотах в тракте схемы сложения (*примечание: пользователь может увеличить число диапазонов независимой калибровки порта 1, однако это будет сделано в режиме обвода, но не в режиме схемы сложения).
2. Калибровка как для порта Port 1, так и для порта Port 1 Src2 будет выполнена с включенными обоими источниками, но со смещением на 10 МГц (для более точной характеризации поведения во время использования).
3. Данные калибровки будут применяться ТОЛЬКО к тем каналам пользователя, у которых переключатель обвода порта Port 1 и либо переключатель обвода порта Port 3, либо переключатель обвода Source 2 Out 1 установлены в положение для режима Combiner Path (Тракт схемы сложения).

Важные замечания

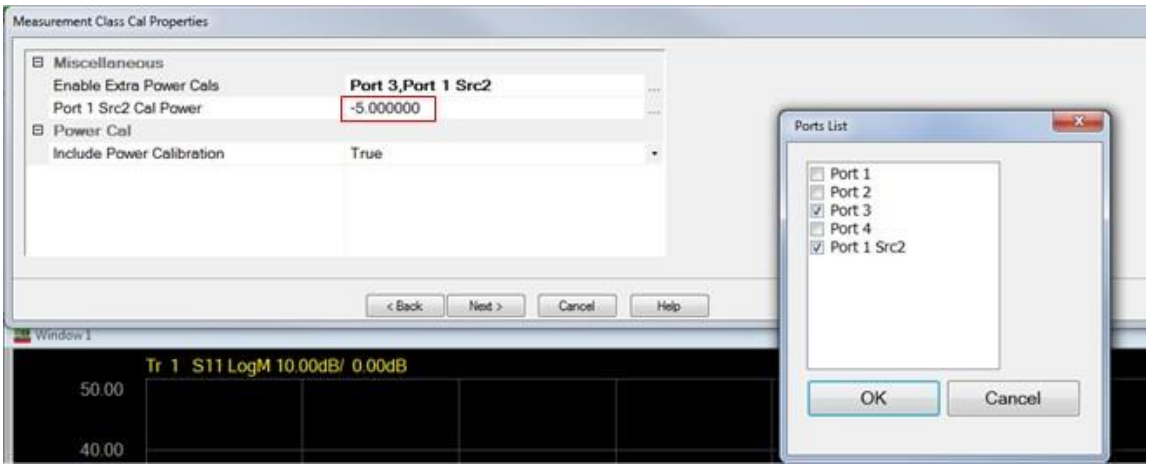
- Если пользователь решит выполнить независимую калибровку мощности на порту, который также используется для типовой калибровки по S-параметрам, то частоты, на которых будет выполнена калибровка, будут приняты ***в дополнение*** к тем частотам, которые используются для типовой калибровки (за раз будет выполнено отдельное измерение).
- Ранее пользователи могли выбрать аналогичную калибровку портов LO (портов гетеродина) для каналов приложений. Например, при измерениях GCX с использованием для LO1 порта Port 3 пользователь мог выбрать (через графический интерфейс или дистанционно) выполнение калибровки на LO1. В результате выполнялась калибровка датчика мощности на LO1 (порт Port 3) с использованием частот, задаваемых каналом. Такая возможность все так же присутствует, однако если пользователь решит выполнить вместо этого независимую калибровку мощности, выбираемые каналом опции будут отменены.
- Если пользователь имеет как LFE-каналы (с расширением низкой частоты), так и не-LFE-каналы, по умолчанию калибровка будет выполняться в конфигурации БЕЗ LFE (это связано с тем, что большинство приложений не поддерживают LFE и что внешние источники и такие источники, как Src2 Out 1, не имеют трактов LFE). Вместо этого, если требуется выполнить такую калибровку в режиме LFE, пользователь должен выбрать *только* те каналы LFE, в которых будет выполняться калибровка Cal All.

Независимая калибровка мощности для схемы калибровки Cal All

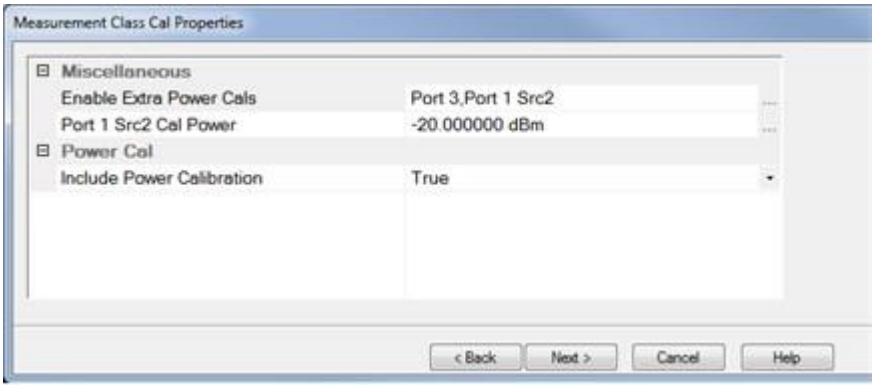
1. Запустите мастер калибровки **Cal All Wizard**.
2. В диалоговом окне **Measurement Class Cal Properties** разрешите независимую калибровку мощности, выбрав порт(-ы) для калибровки и нажав затем **OK**.



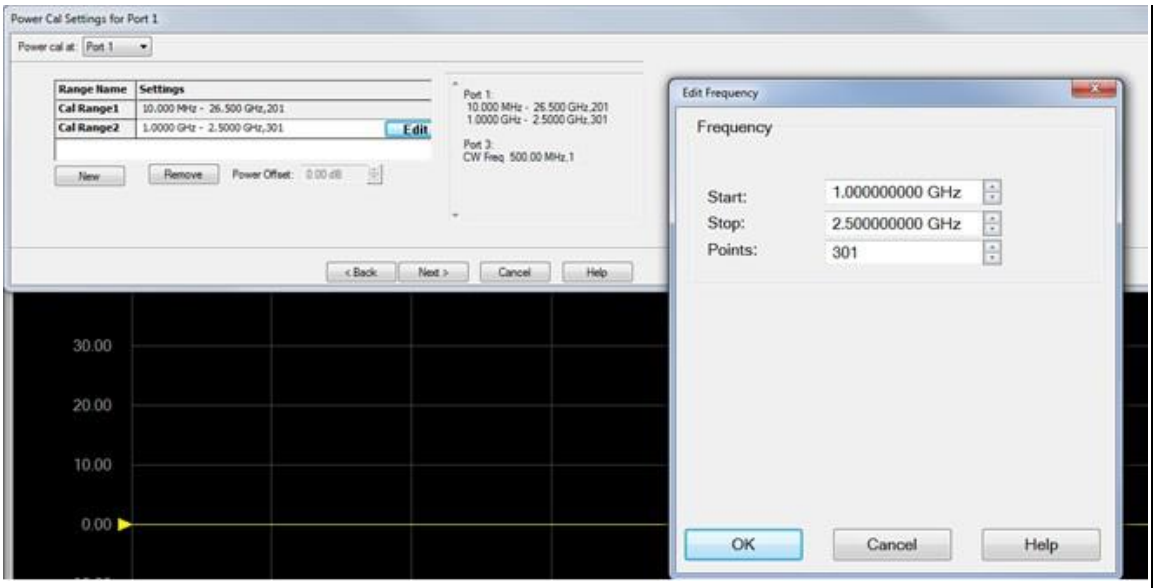
3. Если был выбран порт **Port 1 Scr2**, появится поле уровня мощности **Port 1 Src2 Cal Power**, с помощью которого может быть задан уровень мощности для калибровки.



4. Чтобы ввести уровень мощности **Port 1 Src2 Cal Power**, щелкните по полю и затем введите действительный уровень мощности для калибровки.

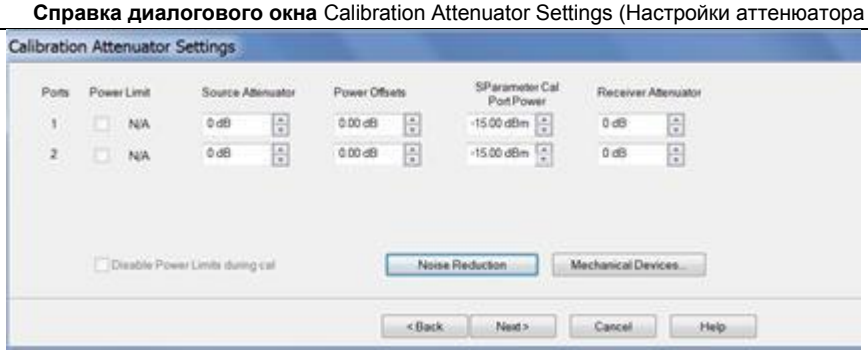


5. В диалоговом окне **Power Cal Settings for Port<n>** выберите порт из выпадающего списка **Power cal at.**
6. Чтобы добавить новый диапазон калибровки, нажмите **New**.
7. Укажите диапазон частот для каждого названия диапазона в колонке **Range Name**, щелкнув по соответствующему полю **Settings** и затем по появившейся кнопке **Edit**.



8. Введите начальные (в поле **Start**) и конечные (в поле **Stop**) частоты и число точек (в поле **Points**) и нажмите **OK**.
9. Нажмите **Next**, чтобы продолжить процесс калибровки Cal All.

Справка диалогового окна Calibration Attenuator Settings (Настройки аттенюатора для калибровки)



В данном окне отображаются настройки мощности, аттенюатора и ширины полосы пропускания по промежуточной частоте для калибровки Cal All. В качестве значений по умолчанию в сеансе калибровки Cal All используются предварительно заданные значения для стандартного канала измерения S-параметров. Эти значения не обязательно будут совпадать со значениями для каналов, которые были выбраны для калибровки. Если имеются различия между настройками измерительного тракта (переключателей) для канала калибровки Cal All и выбранных каналов, функция Cal All обнаруживает эти различия, и для каждого состояния тракта выполняются дополнительные измерения. На основании результатов этих дополнительных измерений функция Cal All вырабатывает соответствующие параметры погрешности для каждого из выбранных каналов. В целом сеанс калибровки Cal All следует проводить на уровне мощности, достаточно высоком для предупреждения появления шума в параметрах погрешности.
Однако повышение мощности может привести к компрессии или повреждению приемников анализатора. С помощью следующих настроек уровень мощности можно повысить ТОЛЬКО для сеанса калибровки Cal All.

Power Limit (Ограничение мощности) (отключение)

Функция Cal All показывает, когда ограничение мощности включено. Данная настройка предоставляет удобный способ ВРЕМЕННОГО отключения этих ограничений, чтобы воспользоваться преимуществами, которые обеспечивают настройки мощности

в калибровке Cal All. Если ограничения мощности включены, это означает, что ваше тестируемое устройство может иметь высокий коэффициент усиления и что для аттенюаторов в ваших каналах используются высокие настройки, вследствие чего мощность у опорной плоскости калибровки будет пониженной. Такой пониженный уровень сигнала может стать причиной более шумных результатов измерений во время сбора данных для калибровки. Эта ситуация в точности описывает то, для улучшения чего предназначена калибровка Cal All. Калибровка Cal All позволяет настроить условия калибровки для улучшения отношения сигнал/шум в процессе калибровки независимо от состояния тестируемого устройства. Если вам необходимо выполнить калибровку при более высокой мощности, чем та, которая разрешена заданным ограничением, вы можете снять флажок с поля Disable Power Limits during cal (Отключить ограничения мощности на время калибровки). По завершении сеанса калибровки Cal All данное ограничение будет восстановлено.

Source Attenuator / Receiver Attenuator (Аттенюатор источника / аттенюатор приемника)

По умолчанию калибровка Cal All выполняется с аттенюаторами источника и приемника, установленными на 0. Настройте аттенюаторы источника или приемника, если имеется внешнее оборудование (например, входной усилитель), использование которого может привести к компрессии или повреждению приемников анализатора.

Также изменение настроек конфигурации аттенюаторов или тракта может потребоваться для принудительного применения к каналу калибровки настроек выбранных каналов. Если у всех выбранных каналов заданы идентичные настройки оборудования, может быть более целесообразным применить эти настройки к каналу калибровки. Например, если во всех ваших каналах используется шаг аттенюатора 5 или 10 дБ на порту 1, вы можете предпочесть изменить настройки канала калибровки Call All с использованием тех же самых низких настроек аттенюатора. В результате измерения в процессе калибровки будут выполняться при тех же условиях тракта, что и у канала, и это позволит исключить необходимость в компенсации различий математическими средствами. Однако если используются большие значения настройки аттенюаторов, то применение к калибровке Cal All настроек по умолчанию будет способствовать улучшению результатов.

S-Parameter Cal Port Power (Мощность порта для калибровки по S-параметрам)

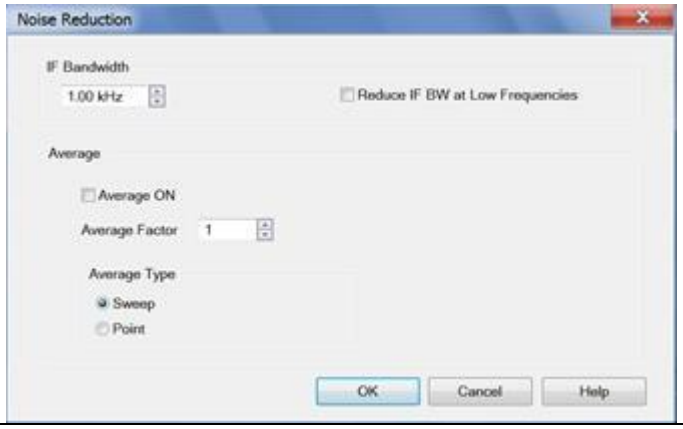
Задайте уровень мощности, на котором будет выполняться калибровка по S-параметрам.

Power Offsets (Сдвиги мощности)

Сдвиги мощности применяются в пределах канала. Следовательно, сдвиги, которые уже были заданы, НЕ будут автоматически скопированы и применены в сеансе калибровки Cal All. С помощью данной настройки сдвиг мощности может также применяться во время сеанса калибровки Cal All.

Noise Reduction (Подавление шума)

При нажатии данной кнопки открывается еще одно диалоговое окно, содержащее настройки, которые могут помочь подавить шум трассы и понизить минимальный уровень шума, что позволит улучшить динамический диапазон и повысить точность измерений. Подробнее.



IF Bandwidth (Ширина полосы пропускания по промежуточной частоте)

Задайте ширину полосы пропускания по промежуточной частоте, которая будет использоваться для калибровки Cal All. Принятая по умолчанию ширина полосы пропускания по промежуточной частоте, равная 1 кГц, является хорошей номинальной настройкой для большинства измерений. Понижение ширины полосы пропускания по промежуточной частоте способствует подавлению шума при измерениях в процессе калибровки, но приводит к более медленному свипированию.

Average ON (Усреднение включено)

Поставьте этот флажок, чтобы разрешить усреднение.

Average Factor (Коэффициент усреднения)

Задает число измерений, по которым производится усреднение. Диапазон от 1 до 65 536 (2^16).

Average Type (Тип усреднения)

Sweep (Усреднение развертки): каждая точка данных основывается на среднем значении для тех же точек данных, в которых производились измерения в ходе последовательных циклов свипирования.

(Sweep) Restart (Перезапуск (свипирования)): запускает новую серию измерений, которые используются для вычисления средних значений. Применяется только к усреднению развертки, но НЕ к точечному усреднению.

Point (Точечное усреднение): в каждой точке данных измерения выполняются то количество раз, которое задается коэффициентом усреднения, с последующим усреднением и переходом к следующей точке данных.

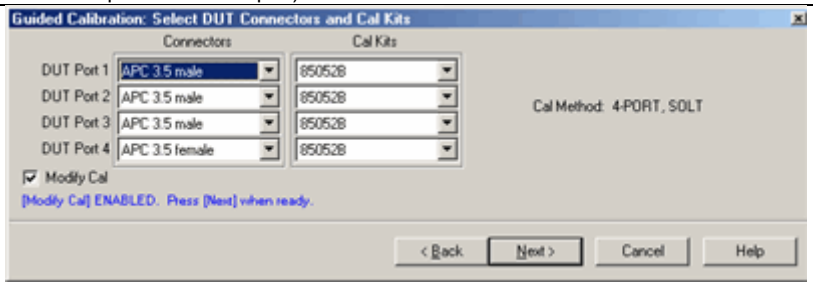
Reduce IF BW at Low Frequencies (Уменьшение ширины полосы пропускания по промежуточной частоте при низких значениях частоты)

Если в этом поле поставлен флажок, анализатор VNA будет использовать полосу пропускания по промежуточной частоте меньшей ширины, чем выбранное значение. Подробнее.

Mechanical Devices (Механические устройства)

При нажатии этой кнопки открывается диалоговое окно, содержащее настройки для всех активных каналов. Для удобства сравнения данные настройки отображаются друг напротив друга.

Справка диалогового окна Select DUT Connectors and Cal Kits (Выбор соединителей тестируемого устройства и калибровочных наборов)



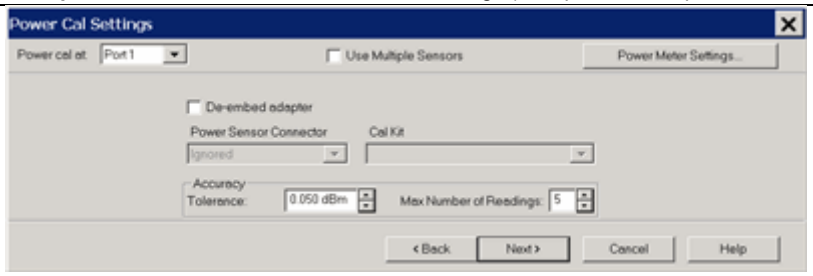
Для каждого порта тестируемого устройства:

- Выберите соединитель в плоскости калибровки (где будут подключаться калибровочные меры).
- Выберите калибровочный набор, который будет использоваться.

Поставьте флажок в поле **Modify Cal** (Изменить калибровку), чтобы изменить метод калибровки по перемычке. По умолчанию выполняется калибровка с неизвестной мерой коэффициента передачи.

Подробнее о данном диалоговом окне.

Справка диалогового окна Power Cal Settings (Настройки калибровки мощности)

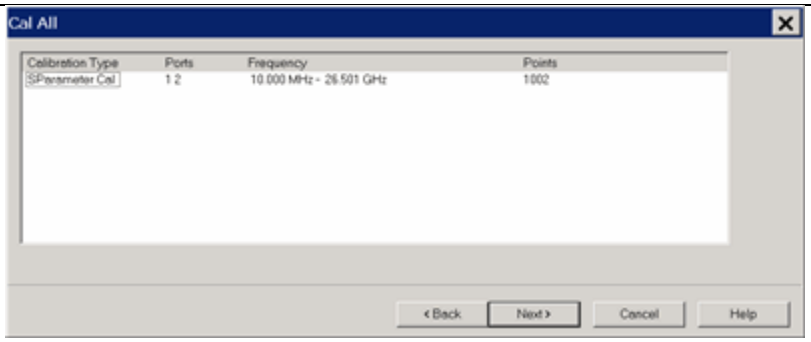


При калибровке Cal All на портах источника выполняется управляемая калибровка мощности. Данное диалоговое окно отображается для каждого порта источника, на котором должна быть выполнена калибровка мощности.
Чтобы выполнить калибровку мощности гетеродина для канала смесителя, задайте порт гетеродина анализатору VNA или внешнему источнику в диалоговом окне Mixer Setup (Настройка смесителя). Затем выберите этот порт в диалоговом окне Selected Channels (Выбранные каналы).

- Чтобы во всех сеансах калибровки мощности использовался **один** датчик мощности, **НЕ** ставьте флажок в поле Use Multiple Sensors.
- Для использования **разных** датчиков мощности поставьте флажок в поле **Use Multiple Sensors**. Датчик мощности должен быть настроен как устройство PMAR.

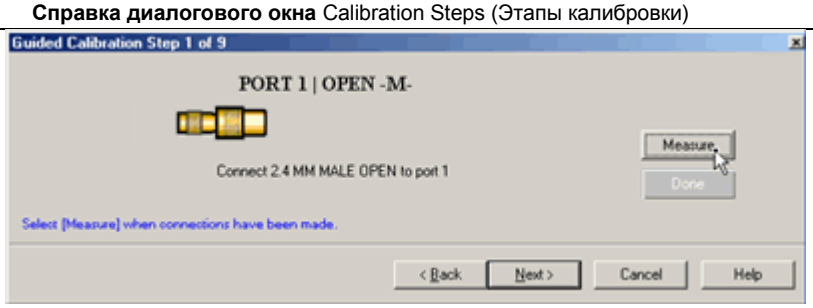
Подробнее о данном диалоговом окне.

Справка диалогового окна Cal All Summary (Сводка по калибровке Cal All)



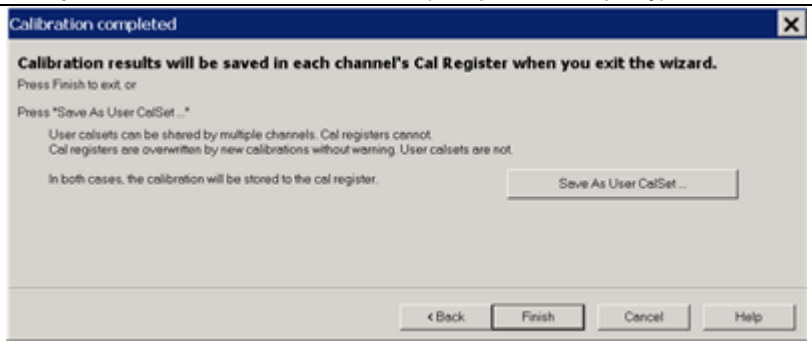
На данной странице представлена сводка по настройкам калибровки Cal All. Подтвердите настройки, нажав **Next > (Далее)**, или нажмите **< Back (Назад)**, чтобы изменить настройки.

Справка диалогового окна Calibration Steps (Этапы калибровки)



Следуя подсказкам, подключите каждую меру. Затем нажмите **Measure** (Измерить). При необходимости, нажмите **Re-measure** (Измерить повторно).
Затем нажмите **Next >**

Справка диалогового окна Finish Cal (Завершить калибровку)



Нажмите **Finish** (Завершить), чтобы сохранить результаты сеанса калибровки Cal All в реестрах калибровки.

Либо нажмите **Save As User CalSet** (Сохранить как массив калибровочных коэффициентов пользователя) и введите префикс названия. К этому префиксу добавляются класс измерения и номер канала для сохранения в массив калибровочных коэффициентов пользователя для каждого откалиброванного канала.

Подробнее о данном диалоговом окне.

Порядок управления и применения массива калибровочных коэффициентов и типов калибровки

Анализатор пытается применить массив калибровочных коэффициентов и включить коррекцию погрешностей для ВСЕХ измерений в активном канале. Однако это не всегда возможно. Например, предположим, что канал включает измерения как S11 (отражение), так и S21 (передача). Если к такому каналу применить массив калибровочных коэффициентов, содержащий только тип калибровки S11, то этот массив калибровочных коэффициентов не будет содержать параметров погрешности для коррекции измерений S21. Коррекция погрешностей будет включена для измерений S11, но НЕ будет включена для измерений S21.

Имеется два способа применения существующего массива калибровочных коэффициентов (реестра калибровки или массива калибровочных коэффициентов пользователя) к измерениям:

1. Восстановить состояние прибора с помощью данных калибровки (файла .cst): в файлах .cst записано состояние прибора вместе со всеми атрибутами измерений, А ТАКЖЕ содержится ссылка, указывающая на массив калибровочных коэффициентов, который использовался для калибровки измерений. Перед сохранением файла .cst необходимо убедиться, что для измерений используется массив калибровочных коэффициентов пользователя (а НЕ реестр калибровки). Так как при выполнении новой калибровки данные в реестрах калибровки автоматически перезаписываются, данные в реестре калибровки могут быть изменены до того, как будет вызван файл .cst.
2. Создать новое измерение и выбрать массив калибровочных коэффициентов для применения к активному каналу.

Примечание. НИ В КОЕМ СЛУЧАЕ не копируйте и не вносите изменения в массивы калибровочных коэффициентов из Windows Explorer или других приложений. Доступ к массиву калибровочных коэффициентов должен осуществляться только с помощью приложения VNA.

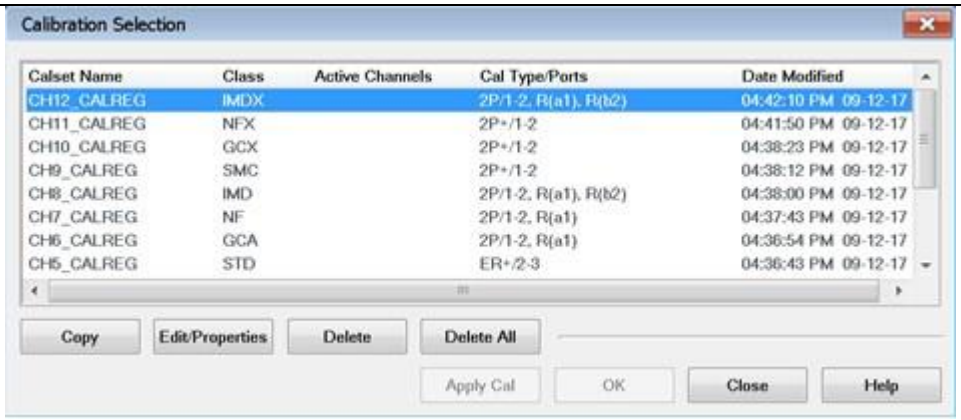
Порядок выбора и применения массива калибровочных коэффициентов к активному каналу

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки

1. Нажмите **Cal** > ***Cal Sets & Cal Kits*** > **Cal Set...**

Команды программирования

Справка диалогового окна Calibration Selection (Выбор калибровки)



С помощью данного диалогового окна можно управлять массивом калибровочных коэффициентов и применять его.

Так как доступное количество массива калибровочных коэффициентов ограничивается объемом памяти анализатора, старые массивы калибровочных коэффициентов (с застоявшимися данными) следует удалять или перезаписывать.

Чтобы применить массив калибровочных коэффициентов к активному каналу, щелкните по строке для выбора требуемого массива калибровочных коэффициентов и затем нажмите OK. Массив калибровочных коэффициентов, используемый текущим активным каналом, выделен пунктирной рамкой. Выбранный в данный момент массив калибровочных коэффициентов выделен синей заливкой.

Примечание. Для возможности применения массив калибровочных коэффициентов должен быть создан из того же класса измерений, что и активный канал.

Колонки: щелкните по заголовку, чтобы отсортировать по содержимому этой колонки.

Cal Set Name (Название массива калибровочных коэффициентов): название, по которому идентифицируется массив калибровочных коэффициентов.

Class (Класс): указывает на тип канала, с помощью которого был создан данный массив калибровочных коэффициентов.

Active Channels (Активные каналы): номера каналов, которые в настоящее время используют данный массив калибровочных коэффициентов. Пустое поле означает, что он в настоящее время не используется.

CalType/Ports (Тип калибровки / порты): тип калибровки, содержащийся в массиве калибровочных коэффициентов. Подробнее о применении соответствующих типов калибровки.

Сокращенные наименования типов калибровки:

1P, 2P, 3P, 4P... — перечень портов, где указано, какие порты были откалиброваны.

+ — указывает на то, что для портов в данном перечне включена коррекция мощности источника и приемника. То есть 2P+(2,3) означает, что измерительные и опорные приемники на портах 2 и 3 подвергаются калибровке мощности.

R — отклик (параметр).

ER/x-y — расширенная калибровка по АЧХ, где **x** — порт приемника; **y** — порт источника. То есть ER/2-3 обозначает, что выполняется коррекция S23.

ER+/x-y — расширенная калибровка по АЧХ плюс мощность. Включает также параметры отслеживания для bx и ay.

VMC — векторная калибровка смесителя.

SMC — скалярная калибровка смесителя.

Date (Дата): дата и время последнего изменения настроек калибровки.

Клавиши

Copy (Копировать): при нажатии появляется диалоговое окно Save as User Cal Set (Сохранить как массив калибровочных коэффициентов пользователя). Введите название для копирования данных выбранного массива калибровочных коэффициентов.

Show /Edit Properties (Показать/редактировать свойства): при нажатии появляется диалоговое окно Cal Set Properties (Свойства массива калибровочных коэффициентов). Данное окно позволяет просматривать все свойства массива калибровочных коэффициентов.

Delete (Удалить): удаляет массив калибровочных коэффициентов после нажатия OK в окне предупреждения.

Delete All (Удалить все): удаляет ВСЕ перечисленные массивы калибровочных коэффициентов и реестры калибровки после нажатия OK в окне предупреждения.

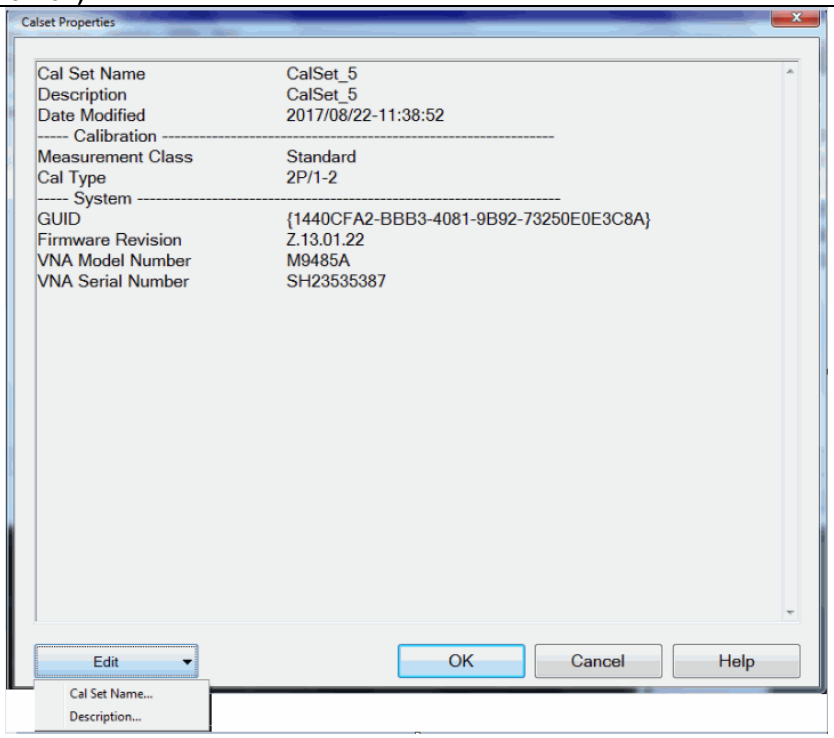
Apply Cal (Применить калибровку): применяет выбранный массив калибровочных коэффициентов к активному каналу. Если для массива калибровочных коэффициентов и канала применяются различные настройки испытательного сигнала, необходимо сделать выбор.

Unselect (Отменить выбор): доступно ТОЛЬКО в том случае, если выбранный массив калибровочных коэффициентов используется активным каналом. Нажмите данную кнопку, чтобы отменить применение массива калибровочных коэффициентов, и затем нажмите Close, чтобы выйти без применения массива калибровочных коэффициентов.

OK: при нажатии к активному каналу ВСЕГДА ПРИМЕНЯЕТСЯ ВЫБРАННЫЙ МАССИВ КАЛИБРОВОЧНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ, после чего диалоговое окно закрывается.

Close (Закрыть): выход из диалогового окна без каких-либо дальнейших действий.

Справка диалогового окна Cal Set Properties (Свойства массива калибровочных коэффициентов)



Данное окно позволяет просматривать все свойства массив калибровочных коэффициентов и создавать массивы калибровочных коэффициентов пользователя путем копирования существующих массивов калибровочных коэффициентов или реестров калибровки.

Выпадающий список

Edit (Редактировать): включает название и описание массив калибровочных коэффициентов.

Cal Set Name (Название массива калибровочных коэффициентов): редактирование названия массива калибровочных коэффициентов пользователя. Пользователь НЕ МОЖЕТ изменить название реестров калибровки.

Description (Описание): описательный текст для дальнейшей идентификации массива калибровочных коэффициентов.

Клавиши

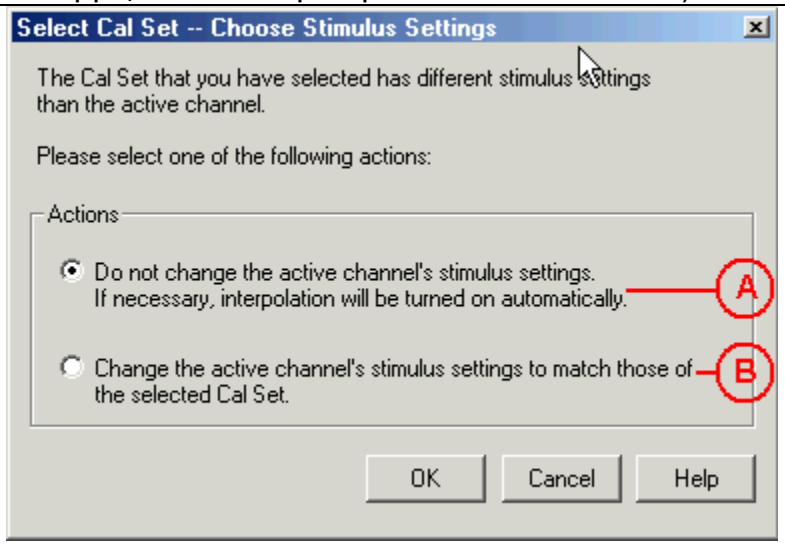
OK: при нажатии применяются изменения в названии или описании массива калибровочных коэффициентов, если таковые были, и затем закрывается диалоговое окно.

Cancel (Отмена): при нажатии отменяются изменения, внесенные в название или описание массива калибровочных коэффициентов.

Cal Set Properties (Свойства массива калибровочных коэффициентов): перечень описательной информации и характеристики испытательного сигнала для массива калибровочных коэффициентов.

Отличающиеся настройки испытательного сигнала для массива калибровочных коэффициентов и измерений

Справка диалогового окна Select Cal Set -- Choose Stimulus Settings (Выбор массива калибровочных коэффициентов — выбор настроек испытательного сигнала)



Массив калибровочных коэффициентов содержит настройки испытательного сигнала для канала, которые действовали во время сохранения массива калибровочных коэффициентов. Данное диалоговое окно появляется, когда настройки канала в массиве калибровочных коэффициентов отличаются от настроек канала, к которому применяется данный массив калибровочных коэффициентов. Выберите одну из следующих опций (см. изображение выше):

- A. Применять настройки испытательного сигнала для активного канала. Если это возможно, применить интерполяцию.
    - Если диапазон частот массив калибровочных коэффициентов шире, чем у активного канала, будет включена интерполяция. Подробнее о точности интерполяции.
    - Если диапазон частот массива калибровочных коэффициентов уже, чем у активного канала, данная опция будет недоступна.
- B. Применять настройки испытательного сигнала для массива калибровочных коэффициентов. Настройки испытательного сигнала для активного канала будут изменены.

OK: применить изменение.

Cancel (Отмена): массив калибровочных коэффициентов НЕ будет применен.

Примеры использования массива калибровочных коэффициентов

В следующих примерах показано, как массивы калибровочных коэффициентов помогают повысить гибкость и ускорить измерения с использованием анализатора.

- Использование одного массива калибровочных коэффициентов пользователя с несколькими каналами
- Использование одного измерения с несколькими массивами калибровочных коэффициентов

Использование одного массива калибровочных коэффициентов пользователя с несколькими каналами

Можно выполнить одну калибровку и затем применить ее результаты к нескольким каналам.

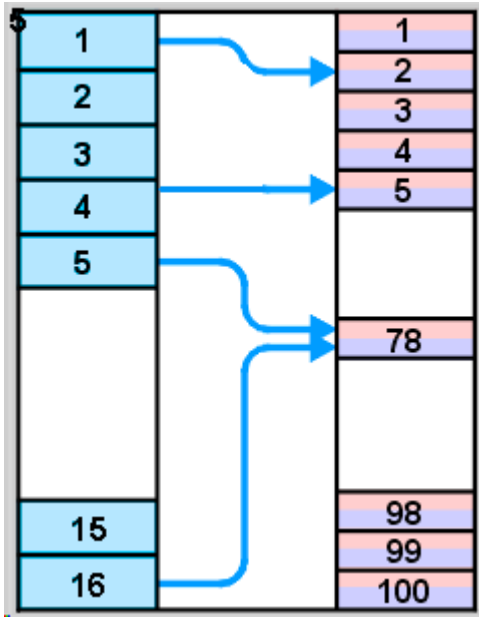
Пример.

В ходе производственного процесса вы можете иметь множество откалиброванных каналов. Вам может требоваться непрерывно переключаться между циклами измерений и проверять их результаты индивидуально. Иногда вам может требоваться обновлять калибровку без необходимости повторного создания всех файлов состояния измерений.

Решение. Проверьте настройки испытательного сигнала для каждого канала. Затем сделайте диапазон испытательного сигнала для массива калибровочных коэффициентов пользователя таким, чтобы он охватывал всю группу. В результате для каждого канала может быть использован один массив калибровочных коэффициентов пользователя. Некоторые результаты калибровки будут получены интерполированием. Примечание. **Убедитесь, что интерполяция включена.**

Обратите внимание, на следующей иллюстрации массив калибровочных коэффициентов 78 используется на нескольких каналах, в данном случае — на каналах 5 и 16.

Канал **Массив калибровочных коэффициентов**



Использование одного измерения с несколькими массивам калибровочных коэффициентов

Недостатком использования одного очень большого массива калибровочных коэффициентов пользователя, ассоциированного со множеством состояний прибора, может быть потеря точности вследствие интерполяции. В таких случаях следует рассмотреть возможность использования одного массива калибровочных коэффициентов пользователя для каждой настройки испытательного сигнала. После этого условия испытательного сигнала можно изменить для того или иного канала путем применения различных массива калибровочных коэффициентов пользователя. Другие настройки (настройки окон, определения измерений, масштабирование, пределы и маркеры) останутся неизменными. Это позволит повысить скорость изменения состояния по сравнению с сохранением и вызовом файлов *.cst для каждого набора условий испытательного сигнала.

Пример 1. Требуется выполнить измерения усилителя при нескольких уровнях входной мощности. Выполните калибровку на нескольких уровнях мощности и сохраните каждую калибровку в отдельном массиве калибровочных коэффициентов пользователя. Затем последовательно примените массивы калибровочных коэффициентов пользователя к одному измерению.

Пример 2. При выполнении измерений S21 необходимо определить характеристики устройства как в широком, так и узком диапазонах. Используйте один массив калибровочных коэффициентов для настроек в широком диапазоне, а второй — для настроек в узком диапазоне.

Архивирование массивов калибровочных коэффициентов с помощью файлов .cal или .csa

Из-за того, что массивы калибровочных коэффициентов пользователя могут быть легко удалены, обеспечьте их дополнительное резервное копирование путем сохранения своей калибровки в виде файла .cal или .csa (см. сохранение файла .cal).

Пример.

Один оператор выполняет калибровку, присваивает ей название и сохраняет ее как массив калибровочных коэффициентов пользователя. Этот массив будет доступен для использования любым другим оператором. Другой оператор может случайно удалить или изменить настройки массива калибровочных коэффициентов пользователя, что потребует от его составителя выполнить повторную калибровку.

Защита калибровочных данных может быть обеспечена путем сохранения данного массива калибровочных коэффициентов в файле .cal или .csa. Впоследствии этот файл можно вызвать и восстановить первоначальную калибровку.

Коррекция погрешностей и интерполяция

Настройки коррекции погрешностей и интерполяции применяются в сочетании друг с другом для обеспечения максимального возможного уровня точности калибровки.

- Порядок настройки коррекции погрешностей
- Коррекция погрешностей
- Просмотр уровней коррекции
- Порядок настройки интерполяции
- Точность интерполяции

См. другие темы по калибровке

Порядок настройки коррекции погрешностей

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки

1. Нажмите **Cal** > ***Main*** > **Correction** > **Channel Correction On|Channel Correction Off** соответственно для включения/выключения коррекции погрешностей в канале.

Команды программирования

Коррекция погрешностей

Настройка с включенной коррекцией погрешностей означает, что к измерениям применяются параметры погрешности калибровки. Коррекция погрешностей автоматически включается при выполнении калибровки или применении к измерениям массива калибровочных коэффициентов. Анализатор VNA пытается включить коррекцию погрешностей для ВСЕХ измерений в активном канале. Это не всегда может быть сделано при использовании массивов калибровочных коэффициентов. Более подробная информация приведена в теме «Применение массивов калибровочных коэффициентов».

При включенной полной двухпортовой коррекции погрешностей для сбора всех 12 параметров погрешности требуются как прямой, так и обратный ход развертки, даже если отображается всего лишь одно измерение отражения. Это может привести к увеличению скорости измерений по сравнению с ожидаемой. Подробнее.

Вы можете в любой момент выключить коррекцию погрешностей для активных измерений, нажав кнопку Correction OFF. При некоторых условиях анализатор VNA автоматически выключит коррекцию погрешностей во время внесения изменений в испытательный сигнал. Чтобы вновь включить коррекцию погрешностей, нажмите кнопку Correction ON. Затем:

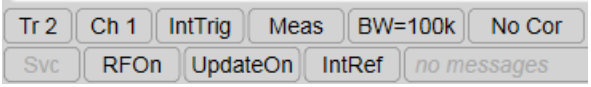
- если интерполяция НЕ может быть выполнена, появится диалоговое окно с вопросом, не желали бы вы изменить настройки испытательного сигнала на те, которые заданы для применяемой калибровки. Нажмите OK для подтверждения или Cancel для отмены;
- если интерполяция может быть выполнена, настройки испытательного сигнала будут изменены, и коррекция будет включена.

Просмотр уровня коррекции

Уровень коррекции предоставляет информацию о точности активных измерений. Уровень коррекции отображается в строке состояния для различных типов калибровки, таких как калибровка характеристики, полная двухпортовая калибровка, TRL или калибровка мощности.

Порядок просмотра уровней коррекции

Щелкните правой кнопкой мыши по экрану, выберите Customize Display, вкладку Toolbars и затем выберите Status Bar. На экране появится строка состояния, содержащая следующие позиции:



	Уровень коррекции	Точность
C N-Port	Полная по N портам	Наивысшая
C Enh Resp	Расширенная калибровка по АЧХ	
C Resp	Калибровка характеристики	
No Cor	Без коррекции	Наименьшая
C*	С интерполяцией	Неопределенная
CD	Измененная	Неопределенная

C N-Port

Полная коррекция по N портам, где ***N*** — число полностью откалиброванных портов. Данная коррекция применяется к S-параметрам.
В случае если при калибровке применяется калибровка мощности приемника, данная коррекция может применяться к измерениям приемника. (Например, a1, b1, A, R1, b1/a1.)

C Enh Resp

Расширенная калибровка по АЧХ представляет собой сочетание однопортовой калибровки с калибровкой характеристики отклика.

Данная коррекция применяется к параметрам отражения и передачи либо в прямом (S11, S21), либо в обратном направлении (S12, S22) в зависимости от того, как проводилась калибровка.

Для измерений параметров отражения расширенная коррекция по АЧХ эквивалентна однопортовой коррекции C 1-Port. Для измерений параметров передачи данная коррекция эквивалентна калибровке характеристики отклика с коррекцией согласования.

C Resp

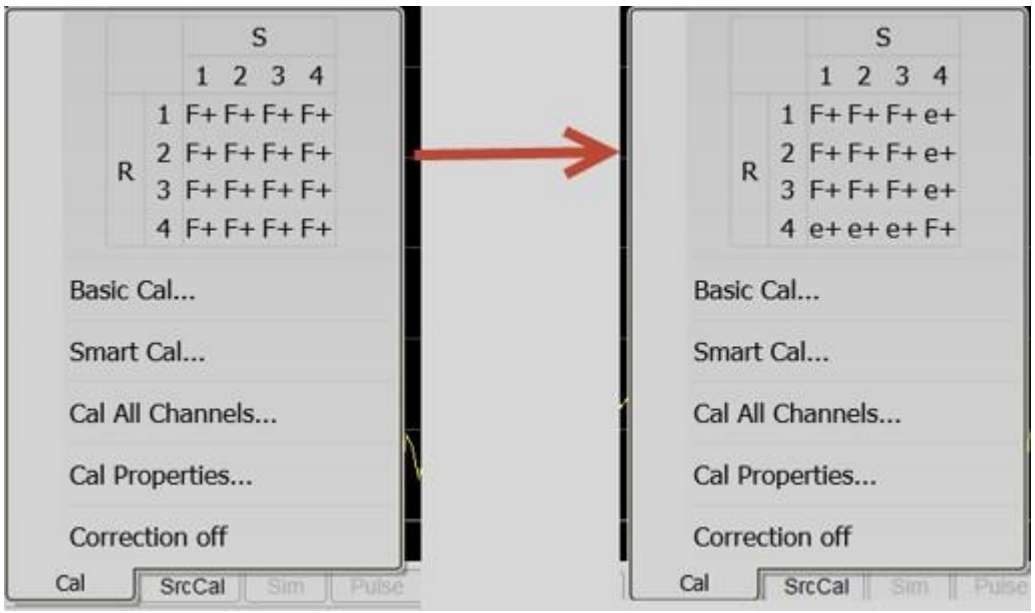
Калибровка характеристики представляет собой однопараметрическую калибровку, обеспечивающую коррекцию амплитудно-частотной характеристики измерений. Она не производит коррекцию рассогласования импеданса.

No Corr (Без коррекции)

При следующих событиях анализатор VNA выключит коррекцию погрешностей на канале:

- понижение начальной частоты;
- повышение конечной частоты;
- изменение начальной частоты, конечной частоты или числа точек при выключенной интерполяции;
- изменение типа развертки.

На всплывающей панели коррекции, доступ к которой осуществляется щелчком правой кнопкой мыши по элементу «Коррекция» в строке состояния, для каждого порта отображены методы коррекции, применяемые на анализаторе VNA с 12 или меньшим числом измерительных портов. Данная таблица обновляется при включении коррекции подмножества портов для отражения применяемых методов коррекции. На следующей иллюстрации показана панель для полной 4-портовой калибровки. В таблице **справа** показаны методы после того, как коррекция была передана портам 1, 2 и 3.



F+ указывает на то, что к данному порту применяется полная коррекция. e+ указывает на то, что к данному порту применяется расширенная коррекция по АЧХ.

C* — коррекция с интерполяцией

При применении к измерениям интерполяции в строке состояния появляется символ C со звездочкой. См. раздел «Интерполяция» выше и раздел «Точность интерполяции».

CD — измененные настройки

При изменении одной или нескольких следующих настроек испытательного сигнала в строке состояния появляются символы C-дельта. Итоговая погрешность измерений будет зависеть от того, какой параметр был изменен и как сильно он был изменен. Для оптимальной точности следует выполнить повторную калибровку с новыми настройками.

- Время развертки
- Ширина полосы пропускания по промежуточной частоте
- Мощность на порту
- Включение/выключение режима пошаговой развертки

Порядок настройки интерполяции

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки

1. Нажмите **Cal** > ***Main*** > **Interpolation ON|OFF** соответственно для включения или выключения интерполяции.

Команды программирования

Интерполяция

Интерполяция калибровки служит для корректировки параметров погрешности калибровки для приведения изменений в соответствие следующим настройкам, которые были сделаны ПОСЛЕ выполнения калибровки или применения массива калибровочных коэффициентов.

Настройка с включенной интерполяцией означает, что к активным измерениям разрешено применение интерполяции. Это не означает, что измерения будут обязательно интерполированы. При включенной настройке (ON) интерполяция будет применяться в том случае, если она считается необходимой вследствие изменения любых из нижеперечисленных настроек испытательного сигнала. В случае изменения настроек испытательного сигнала при выключенной интерполяции (OFF) интерполяция НЕ будет применяться, вместо этого будет выключена коррекция погрешностей.

Интерполяция будет применяться (если она разрешена) при изменении любых из следующих настроек:

- повышение начальной частоты;
- понижение конечной частоты;
- число точек.

Примечание. При понижении начальной частоты или повышении конечной частоты коррекция погрешностей всегда выключается. (Исключение: калибровка мощности ВЫПОЛНЯЕТ экстраполяцию для начальной и конечной частот.)

Точность интерполяции

При применении к измерениям интерполяции погрешность измерений не может быть спрогнозирована. Она может значительно измениться, а может и остаться незатронутой. В таких случаях выявление погрешностей измерений должно производиться в индивидуальном порядке. В целом испытательные сигналы по величине и фазе от анализатора VNA и сигналы отклика от тестируемого устройства должны быть ровными и непрерывными, чтобы интерполяция измерений дала точные результаты.

Значительное снижение точности измерений ДЕЙСТВИТЕЛЬНО происходит, когда отклик сдвига по фазе между точками измерений увеличивается и изменяется более чем на 180°. В этом случае анализатор VNA будет неправильно интерполировать новые фазовые данные. Более подробная информация приведена в теме «Фазовая точность».

Как правило, вероятность получения значительной погрешности при интерполяции измерений возрастает при следующих условиях:

- при значительном расширении диапазона частот между точками измерений;
- при более быстрых изменениях фазы, когда частоты для измерений превышают 10 ГГц;
- при интерполяции в пересечениях частотных диапазонов.
  Подробнее о пересечении полос.

Примечание. Когда алгоритм интерполяции сталкивается с резким или значительным изменением величины или фазы сигнала отклика, например, как в случае пересечения полос, отображаемые данные могут содержать существенные ошибки интерполяции. Эти ошибки могут быть видны как ступени или пики. Если это происходит, следует выключить интерполяцию, изменить параметры измерений или создать сегменты развертки, которые будут перешагивать через пересечения полос.

Электронная калибровка (ECal)

Использование ECal

В данной теме рассмотрены все аспекты выполнения электронной калибровки ECal:

- Обзор ECal
- Подключение модуля ECal к анализатору
- Порядок выполнения калибровки с использованием модулей ECal

См. также:

Пользовательские характеристики ECal

Восстановление памяти модулей ECal

См. другие темы по калибровке

Обзор ECal

ECal представляет собой полностью готовое полупроводниковое решение для калибровки. Каждый модуль ECal содержит электронные меры, которые автоматически задействуются во время калибровки измерений. Эти электронные меры были измерены на заводе-изготовителе, и полученные результаты были сохранены в памяти модуля ECal. Анализатор использует эти сохраненные данные совместно с измеренными данными для расчета параметров погрешности калибровки измерений.

Модули ECal доступны в исполнении с 2 и 4 портами, а также с широким выбором типов соединителей, охватывающих различные диапазоны частот.

С помощью модулей ECal могут быть выполнены следующие виды калибровки:

- однопортовая калибровка по отраженному сигналу;
- полная 2-портовая калибровка;
- полная 3-портовая калибровка;
- и т. д.

Для подтверждения применимости механической калибровки или калибровки ECal применяется проверка достоверности данных ECal.

Уход и обращение с модулями ECal

Для сохранения высокой точности и воспроизводимости результатов и предупреждения дорогостоящего ремонта оборудования необходимо руководствоваться следующими указаниями:

- поддерживайте соединители в исправном состоянии;
- защищайте оборудование от повреждений, которые могут причинить разряды статического электричества. Ознакомьтесь с разделом «Предотвращение повреждений от электростатических разрядов».

Уровень мощности на входе модулей ECal

- НИ В КОЕМ СЛУЧАЕ не превышайте указанные ниже повреждающие уровни, установленные для модулей ECal.
- Для достижения высочайшей точности не превышайте во время калибровки указанные ниже

уровни компрессии для модулей ECal.

Модель	Уровень компрессии	Повреждающий уровень
Серия N469x	–5 дБм	+10 дБм
Серия N4432A Серия N4433A	-7 дБм	+20 дБм
Серия N4431x	+7 дБм	+20 дБм
Серия N755xA	–5 дБм	+10 дБм
Серия 8509x	+9 дБм	+20 дБм

Уровень мощности может быть увеличен после калибровки с минимальным влиянием на точность измерений.

Подключение модуля ECal к анализатору

Управление и питание модулей ECal осуществляется с помощью подключения по шине USB. При подключении модуля автоматически распознаются тип модуля, частотный диапазон и тип соединителя.

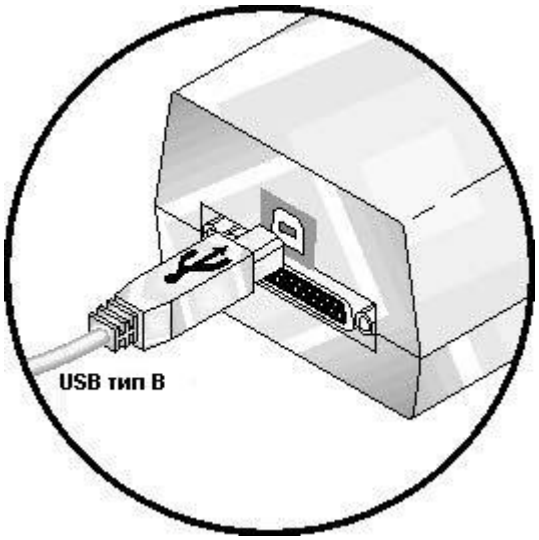
Важное замечание. ЗАПРЕЩАЕТСЯ подключать и отключать устройства с шиной USB во время калибровки ECal. При несоблюдении данного требования возможны проблемы с калибровкой.

См. важное замечание относительно первого USB-подключения.

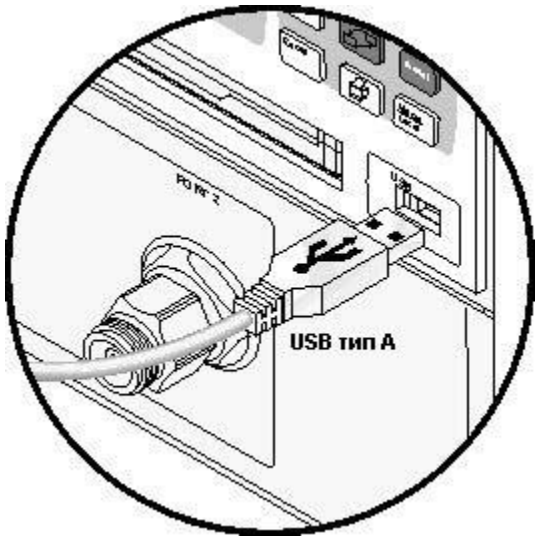
Для подключения модулей ECal используйте порт USB на передней или задней панели анализатора VNA.

1. При выполнении подключений используйте заземленный браслет.
2. Подсоедините конец кабеля USB с соединителем типа B к модулю ECal, а другой конец кабеля USB с соединителем типа A к порту USB на передней или задней панели анализатора, как показано на следующих рисунках.

Порт USB модуля ECal



Порт USB на передней панели анализатора



Примечания.

- Неиспользуемые модули ECal, которые были задействованы в завершенной калибровке, могут оставаться подключенными к порту USB.
- Модули ECal можно подсоединять и отсоединять, когда анализатор находится в работе. Однако ЗАПРЕЩАЕТСЯ подсоединять и отсоединять модули ECal во время передачи данных. При несоблюдении этого требования возможно повреждение или как минимум искажение данных.

Порядок выполнения калибровки с использованием модулей ECal

Выберите модуль ECal с разъемами и соединителями того же типа, что и тестируемое устройство. Если такой модуль ECal отсутствует, может быть использован модуль с другими соединителями, чем у тестируемого устройства, с помощью расширенных настроек или пользовательских характеристик.

Соедините порты модуля ECal с портами анализатора. В процессе калибровки ориентация модуля ECal может быть либо автоматически определена анализатором, либо задана вручную.

1. Подсоедините кабель USB модуля ECal к порту USB анализатора. См. раздел «Подключение модуля ECal к порту USB».
2. Дайте модулю прогреться, пока не появится индикация готовности (READY).
3. Введите настройки анализатора.
4. Для запуска мастера калибровки выполните одно из следующих действий:

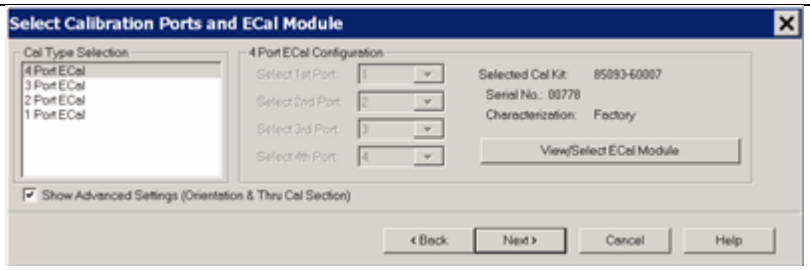
С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки

1. Нажмите **Cal** > ***Main*** > **Other Cals** > **Ecal...**

Команды программирования

2. В диалоговом окне мастера управляемой калибровки (шаг 2) выберите опцию ECal в комбинированном окне калибровочных наборов.

Справка диалогового окна Select Calibration Ports and ECal Module (Выбор портов для калибровки и модуля ECal)



С помощью данного окна может быть выбран тип калибровки и заданы настройки.

Cal Type Selection / Configuration (Выбор типа калибровки / конфигурация): выберите номера портов для выполнения калибровки. Затем выберите конфигурацию числа портов.

4 Port ECal (4-портовая калибровка ECal)

3 Port ECal (4-портовая калибровка ECal)

2 Port ECal (4-портовая калибровка ECal)

1 Port ECal (1-портовая калибровка ECal) — (параметры отражения) расширенные настройки недоступны.

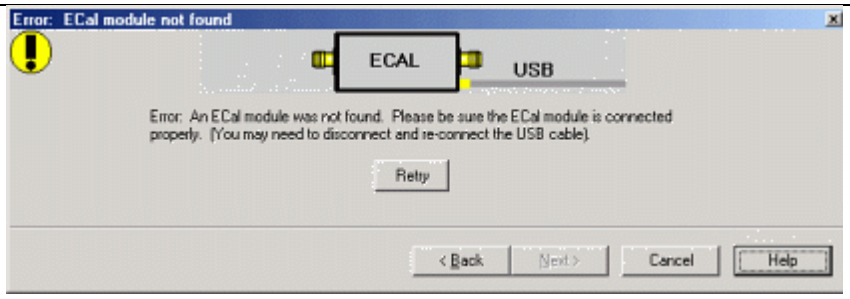
View/Select ECal Module (Просмотр/выбор модуля ECal): нажмите, чтобы выбрать модуль ECal, если к порту USB подключено несколько модулей ECal. Кроме того, нажмите для выбора пользовательской характеристики в модуле. Подробнее о пользовательской характеристике.

Show Advanced Settings (Показать расширенные настройки): нажмите, чтобы отобразить расширенные настройки после нажатия кнопки Next. Back (Назад): возврат в диалоговое окно начала мастера калибровки.
Примечание. Изолирование ECal не производится. Собственное изолирование анализатора эффективнее того, которое может быть достигнуто при коррекции с использованием модулей ECal.

Примечание. Установите на каждый неиспользуемый порт ECal оконечную нагрузку в 50 Ом.

Примечание. Запрещается подключать и отключать запоминающие устройства с шиной USB во время калибровки ECal.

Справка диалогового окна ECal module not found (Модуль ECal не найден)



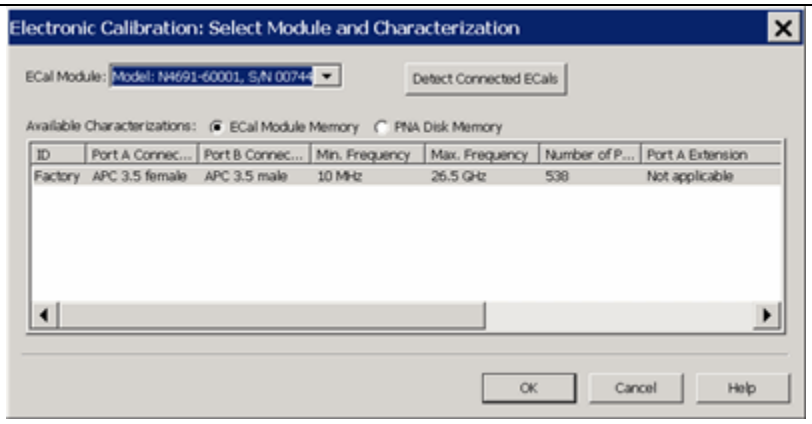
Данное диалоговое окно появляется в случае, если модуль ECal не был подключен или не был распознан анализатором цепей.

Retry (Повтор): проверьте подключения к шине USB и щелкните по этой кнопке, чтобы продолжить.

Примечания.

- **Если используемый модуль ECal не был обнаружен, попытайтесь отсоединить и затем обратно подключить его к шине USB.**
- **При первом подключении модуля ECal к анализатору цепей может потребоваться приблизительно 30 секунд на то, чтобы анализатор распознал модуль и сделал его доступным для калибровки.**
- **Для максимальной точности дайте модулю ECal прогреться, пока не появится индикация готовности (READY).**
- При первом подключении модули Keysight ECal 8509x и N4431 потребляют значительно больший ток, чем другие модули. В некоторых ситуациях это может привести к перерыву в работе шины USB. См. ограничения шины USB.
- **См. раздел «Подключение модуля ECal к порту USB»**.

Справка диалогового окна Select Module and Characterization (Выбор модуля и определение характеристик)

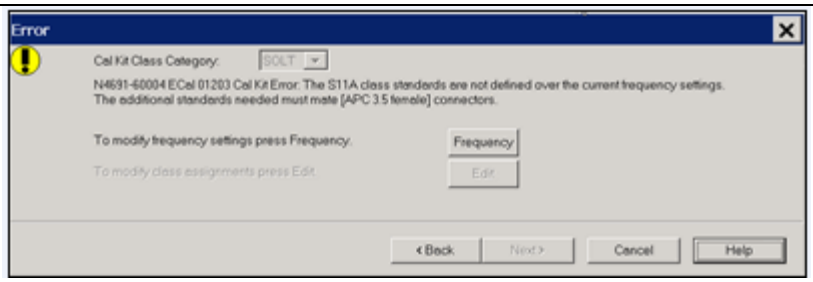


ECal Module (Модуль ECal): выберите один из модулей ECal, подключенных к анализатору. Detect Connected ECals (Обнаружить подключенные модули ECal): нажмите, чтобы повторно просканировать шину USB на наличие модулей.
Available Characterizations (Доступные способы определения характеристик)
ECal Module Memory (Память модуля ECal): отображаются заводские и пользовательские характеристики, сохраненные в модуле ECal.

Disk Memory (Дисковая память): отображаются пользовательские характеристики, сохраненные в дисковой памяти.
Подробнее о пользовательских характеристиках, хранящихся в дисковой памяти.

Выберите те или иные данные по характеристикам, которые должны использоваться для калибровки. Будучи выбранными, данные характеристики будут использоваться по умолчанию, пока анализатор не будет выключен и запущен повторно. После повторного пуска Factory вновь станет настройкой по умолчанию.

Справка диалогового окна Error: Frequency Range (Ошибка: диапазон частот)

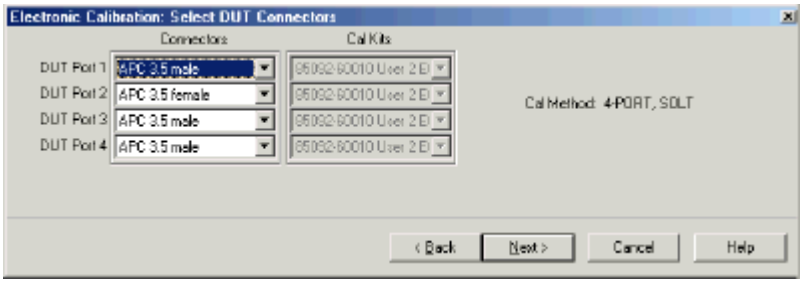


Данное диалоговое окно появляется в случае, если текущие калибровочные меры (или модуль ECal) не охватывают текущий диапазон частот для измерений. Чтобы устранить проблему, выполните одно из следующих действий:

Cal Kit Class Category (Категория класса калибровочного набора): данная опция недоступна при использовании модулей ECal. Frequency (Частота): нажмите, чтобы изменить диапазон частот активного канала. Edit (Редактировать): данная опция недоступна при использовании модулей ECal.

Back (Назад): выберите другую характеристику, покрывающую требуемый диапазон частот. Cancel (Отмена): повторно охарактеризуйте модуль с применением расширенного диапазона частот.

Справка диалогового окна Select DUT Connectors and Cal Kits (Выбор соединителей тестируемого устройства и калибровочных наборов)



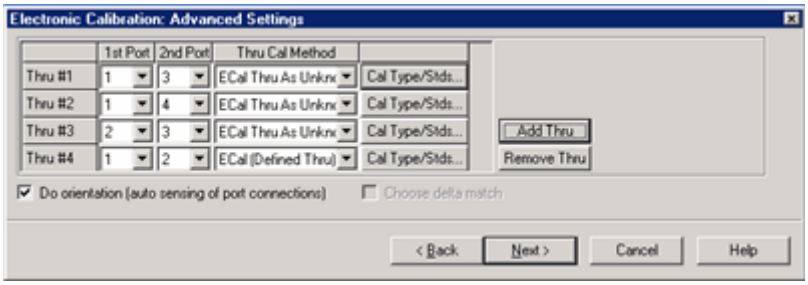
Если у модуля ECal или выбранной пользовательской характеристики имеется несколько типов соединителей, появится следующее диалоговое окно, с помощью которого может быть описан тип соединителя тестируемого устройства.

В противном случае нажмите Next, чтобы перейти к расширенным настройкам (если соответствующее поле отмечено флажком) или этапам электронной калибровки ECal.

Connectors (Соединители)

Перечислены доступные типы соединителей для каждого порта тестируемого устройства.

Справка диалогового окна Advanced Settings (Расширенные настройки)



Thru #n (Перемычка № n)

Данное поле содержит перечень предложенных соединений с перемычкой, которые должны быть сделаны в процессе калибровки. Вы можете изменить эти соединения с перемычкой в соответствии с особенностями своей схемы измерения.

- Список предложенных соединений с перемычкой создается автоматически.
- Для более высокой точности могут быть выбраны дополнительные соединения с перемычкой.

Add Thru (Добавить перемычку)

Нажмите, чтобы добавить соединение с перемычкой.

Remove Thru (Удалить перемычку)

Выберите перемычку, щелкнув по полю Thru #N или по полю 1st Port / 2nd Port. Затем нажмите Remove Thru. Данная выбранная настройка будет НЕДОСТУПНА, если выбранная перемычка требуется для калибровки.

1st Port / 2nd Port (Первый порт / второй порт)

Нажмите, чтобы изменить два порта, которые должны быть включены в соединение с перемычкой. Порядок номеров портов (первый или второй) не имеет значения.

Thru Cal Method (Метод калибровки по перемычке)

Данное поле содержит перечень доступных методов калибровки по перемычке для заданных пар портов.

Cal Type / Stds (Тип калибровки / меры)

Нажмите, чтобы вызвать диалоговое окно View/Modify Properties of Cal (Просмотр/изменение свойств калибровки).

Do orientation (выполнить ориентацию)

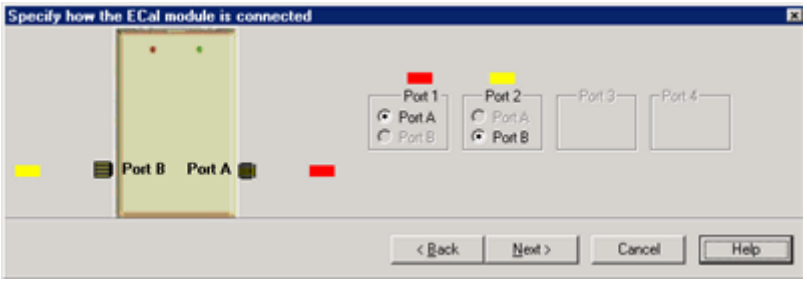
Если в данном поле поставлен флажок (настройка по умолчанию), анализатор VNA автоматически распознает модель и направление, в котором порт модуля ECal подключен к портам анализатора VNA. При слишком низком уровне мощности, подводимой к модулю ECal, анализатор будет считать, что модуль ECal не подключен. Если вы используете низкий уровень мощности и испытываете эту проблему, снимите флажок с данного поля, чтобы задать ориентацию вручную.

Проверка ориентации производится сначала в середине диапазона частот, для которого выполняется калибровка. Если сигнал не будет обнаружен, анализатор повторит попытку при наименьшей частоте в этом диапазоне.

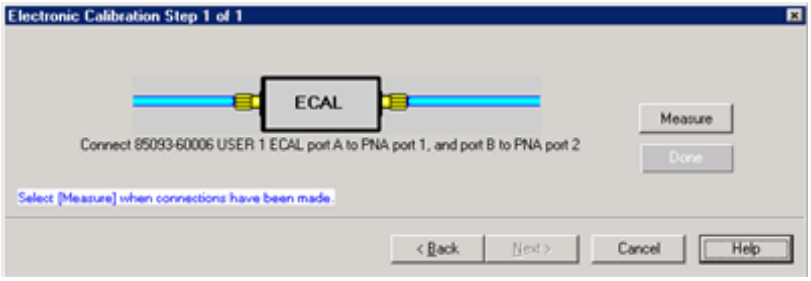
Choose delta match (Выбрать калибровку по разности согласований)

Данная опция доступна, только когда требуется калибровка по разности согласований.

- Поставьте флажок и затем нажмите Next, чтобы вызвать диалоговое окно Select Cal Set for Delta Match (Выбор массива калибровочных коэффициентов для калибровки по разности согласований).
- Убрать флажок: мастер калибровки будет использовать глобальную калибровку по разности согласований, если таковая доступна.



Справка диалогового окна Specify how the ECal module is connected (Указать способ подключения модуля ECal)
Данное диалоговое окно появляется, если в поле Do orientation в предыдущем диалоговом окне не поставлен флажок. Щелкните по каждому порту модуля ECal, соединенному с портами анализатора VNA.



Справка диалогового окна Electronic Calibration Steps (Этапы электронной калибровки)
Примечание. Начиная с VNA версии 6.0, ECal может выполняться с использованием внешних сигналов запуска. Подробнее.

В данном окне приводятся инструкции по каждому измерению, требуемому для калибровки. Measure (Измерить): нажмите, чтобы выполнить измерения мер ECal.

Done (Готово): нажмите после того, как будет измерена последняя мера.

Сохранение калибровки ECal

После завершения новой калибровки ее можно сохранить. Как это сделать.

Пользовательские характеристики ECal

- Общие сведения
- Порядок задания пользовательской характеристики
- Управление дисковой памятью
- Восстановление памяти модулей ECal

См. также

Использование ECal

Другие темы по калибровке

Общие сведения

Модули ECal с заданной пользовательской характеристикой позволяют добавлять переходы к модулю ECal и повторно измерять меры в модуле ECal, ВКЛЮЧАЯ переходы, с последующим добавлением этих данных в память модуля ECal или их сохранением в дисковой памяти. Благодаря этому опорная плоскость может быть сдвинута с измерительных портов модуля к переходам.

По сравнению с ранее выпускавшимися модулями ECal новые модули ECal N755xA имеют флеш-память большего объема.

Важное замечание. ЗАПРЕЩАЕТСЯ подключать и отключать устройства с шиной USB во время калибровки ECal. При несоблюдении данного требования возможны проблемы с калибровкой.

Причины для задания пользовательской характеристики

- В случае если с модулем ECal требуется использовать переходы, вы можете задать характеристику своего модуля ECal вместе с установленными переходами и затем выполнить электронную калибровку за один этап.
- В случае 4-портового модуля ECal вы можете настроить конфигурацию модуля с переходами для различных типов соединителей и затем задать пользовательскую характеристику модуля. Когда потребуется выполнить измерения тестируемого устройства с парой соединителей того типа, который имеется у вашего модуля, откалибруйте анализатор с помощью электронной калибровки в один этап с использованием тех же двух соединителей, имеющихся у модуля с заданной пользовательской характеристикой.
- В случае тестирования устройств в оснастке вы можете включить характеристику оснастки в характеристику модуля. Для этого на этапе механической калибровки в процессе задания пользовательской характеристики выполните калибровку на опорной плоскости устройства в обычном порядке. Затем удалите оснастку, характеристика которой должна быть включена, и установите модуль ECal, для которого задается характеристика. Во время измерений модуля ECal анализатор снимает эффекты оснастки и сохраняет результаты измерений в модуле ECal с пользовательской характеристикой. В ходе последующих калибровок с использованием данного модуля с заданной пользовательской характеристикой эффекты оснастки будут также удаляться.

Примечания

- Пользовательские характеристики поддерживаются как 2-портовыми, так и 4-портовыми модулями ECal.
- При задании пользовательской характеристики не происходит удаление данных заводской характеристики. Заводские данные сохраняются в модуле ECal в дополнение к данным пользовательской характеристики.
- Единственным способом, с помощью которого данные могут быть удалены из памяти модуля ECal, является использование утилиты Data Wipe Utility. Подробнее на сайте: na.support.keysight.com/pna/apps/applications.htm.
- Пользовательская характеристика может задаваться за пределами диапазона частот модуля ECal. Несмотря на то, что такая практика считается допустимой, точность калибровки с расширенной пользовательской характеристикой во многих случаях будет хуже. Чтобы определить степень ухудшения точности, сравните результаты измерений различных устройств с использованием механических калибровочных наборов с калибровкой ECal с расширенной пользовательской характеристикой.
- В одном модуле ECal может быть сохранено до 12 пользовательских характеристик. В предыдущей версии можно было сохранить 5 характеристик. Вместе с тем существуют ограничения по объему памяти. Перед тем как выполнить задание пользовательской характеристики, анализатор определит возможность ее сохранения в памяти модуля.
- Пользовательские характеристики могут быть заданы дистанционно.

Пользовательская характеристика может быть сохранена в дисковой памяти.

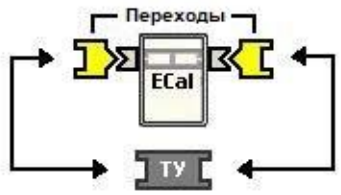
Узнайте, как это сделать. Данная возможность обеспечивает следующие преимущества:

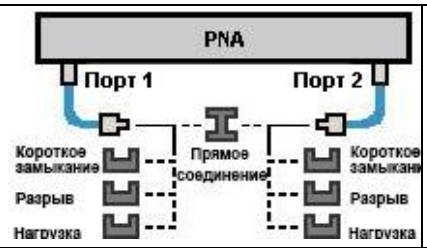
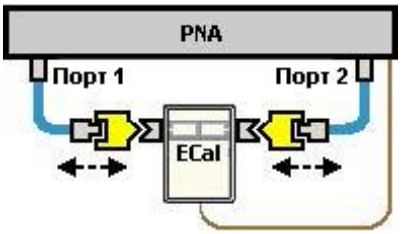
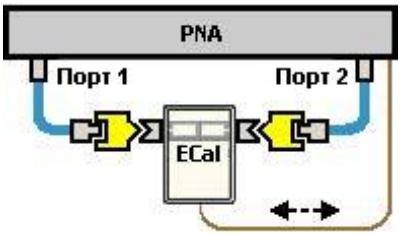
- Пользовательские характеристики с использованием соединителей, которые НЕ включены в таблицу поддерживаемых типов соединителей, НЕ могут быть сохранены в модуле ECal. Однако при сохранении в дисковой памяти микропрограммное обеспечение допускает ЛЮБЫЕ типы соединителей за счет использования для пользовательских характеристик описаний произвольной длины.
- Для пользовательских характеристик, сохраненных в дисковой памяти, ОТСУТСТВУЮТ ограничения по числу точек данных. При сохранении в модуле ECal число точек данных ограничено 65 535 на каждую характеристику или меньшим числом в зависимости от доступной свободной памяти у модуля.
- Число пользовательских характеристик, которое может быть сохранено в дисковой памяти, ограничивается лишь доступным дисковым пространством.
- Пользовательскими характеристиками, сохраненными в дисковой памяти, можно свободно обмениваться между пользователями.

Подробнее об управлении пользовательскими характеристиками, хранящимися в дисковой памяти.

Порядок задания пользовательской характеристики

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ (подробная процедура описана ниже)

	1. Выберите переходы для модуля, соответствующие конфигурации соединителей тестируемого устройства.

	2. Либо откалибруйте анализатор с помощью механических мер, либо вызовите существующий массив калибровочных коэффициентов.
	3. Выполните измерения на модуле ECal, включая переходы, как будто вместо него подключено тестируемое устройство.
	4. Результаты измерений представляют собой данные характеристики, которые сохраняются в памяти модуля или дисковой памяти.

Примечание.
Для задания пользовательской характеристики на 4-портовом модуле ECal может использоваться 2-портовый анализатор. Вместе с тем 4-портовые модули ECal имеют ШЕСТЬ различных пар портов. Необходимо откалибровать анализатор для каждой пары портов, в которой используются уникальные типы разъемов или соединителей.

- Если все 4 порта модуля ECal имеют одинаковый тип разъема и тип соединителя, то для измерения всех шести пар портов потребуется всего лишь одна калибровка.
- Если все 4 порта модуля ECal имеют различные типы разъемов или типы соединителей, то потребуется выполнить шесть калибровок.

В случае если во время задания пользовательской характеристики требуется несколько калибровок, необходимо выполнить ВСЕ калибровки с использованием стандартного мастера калибровки и сохранить их результаты в массиве калибровочных коэффициентов, после чего они должны быть вызваны из массива калибровочных коэффициентов ВО ВРЕМЯ задания пользовательской характеристики.

Подробное описание этапов задания пользовательской характеристики

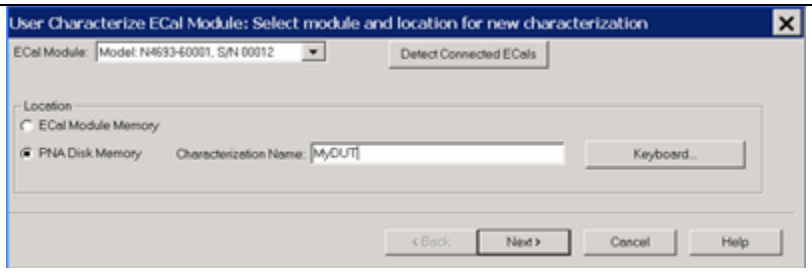
1. Подсоедините модуль ECal к анализатору цепей с помощью USB-кабеля. См. «Подключение модуля ECal с шиной USB к порту USB анализатора».
2. Дайте модулю прогреться, пока не появится индикация готовности (READY).
3. Выполните предварительную настройку анализатора.
4. Выполните настройку измерений. Для наилучшей точности для ширины полосы пропускания по промежуточной частоте следует использовать настройку 1 кГц или меньше.
5. Запустите мастер задания характеристик Characterize ECal Module и выполните предлагаемые им действия:

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки

1. Нажмите **Cal** > ***Cal Sets & Cal Kits*** > **ECal** > **Characterize ECal...**

Команды программирования

Справка диалогового окна Select Module and Location (Выбор модуля и местоположения)



ECal Module (Модуль ECal): выберите один из модулей ECal, подключенных к анализатору.

Detect Connected ECals (Обнаружить подключенные модули ECal): нажмите, чтобы повторно просканировать шину USB на наличие модулей.

Location (Местоположение)

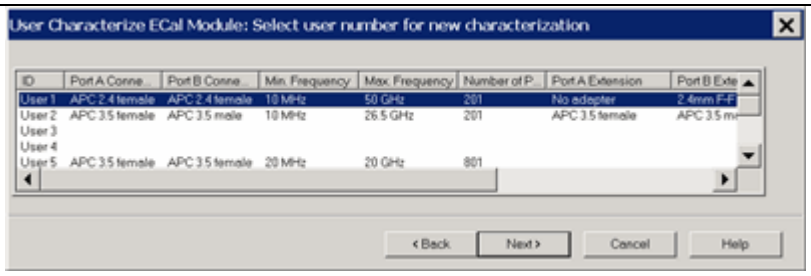
- ECal Module Memory (Память модуля ECal): нажмите Next для перехода к следующему диалоговому окну.
- Disk Memory (Дисковая память): введите название характеристики. Это название будет появляться при выборе пользовательской характеристики для использования в последующих калибровках.
    - Подробнее об управлении характеристиками, сохраненными в дисковой памяти.
    - Подробнее о преимуществах сохранения пользовательских характеристик в дисковой памяти.

Keyboard (Клавиатура): запускает клавиатуру, которая может использоваться для ввода названия характеристики с передней панели анализатора.

Next (Далее): нажмите для перехода к диалоговому окну Select Connectors for the Characterization (Выбор соединителей для задания характеристики).

См. примечание по использованию расширенного диапазона частот.

Справка диалогового окна Select User Number for new characterization (Выбор номера пользователя для новой характеристики)

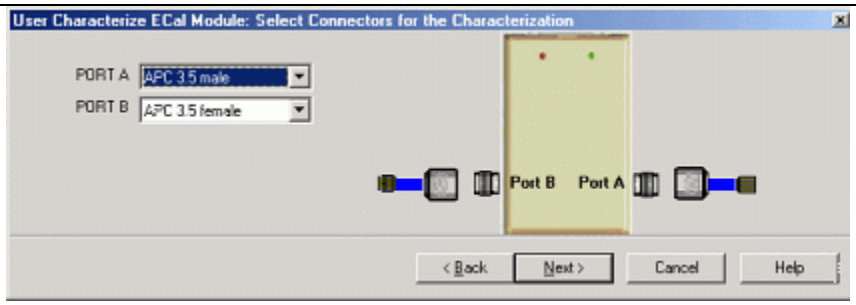


Прокрутите, чтобы просмотреть все параметры сохраненных характеристик. Выберите свободное местоположение или существующую характеристику для перезаписи.

Next (Далее): нажмите для перехода к диалоговому окну Select Connectors for the Characterization (Выбор соединителей для задания характеристики).

См. примечание по использованию расширенного диапазона частот.

Справка диалогового окна Select Connectors for the Characterization (Выбор соединителей для характеристики)



Примечания по соединителям

При задании пользовательской характеристики ECal НЕ используйте пользовательское название соединителей, которое вы добавили в данный список. Если требуется использовать тип соединителя, заданный пользователем, выберите Type B или один из вариантов Type A из перечня соединителей для каждого порта.

Пользовательские характеристики с использованием соединителей, которые НЕ включены в таблицу поддерживаемых типов соединителей, НЕ могут быть сохранены в модуле ECal. Однако при сохранении в дисковой памяти допускается использование ЛЮБЫХ типов соединителей. Подробнее о сохранении в дисковой памяти.

Выберите переходы для измерительных портов модуля ECal. Если на порту не используется переход, выберите No adapter.

PORT A (ПОРТ A): в данном списке перечислены типы соединителей, доступные для порта A.

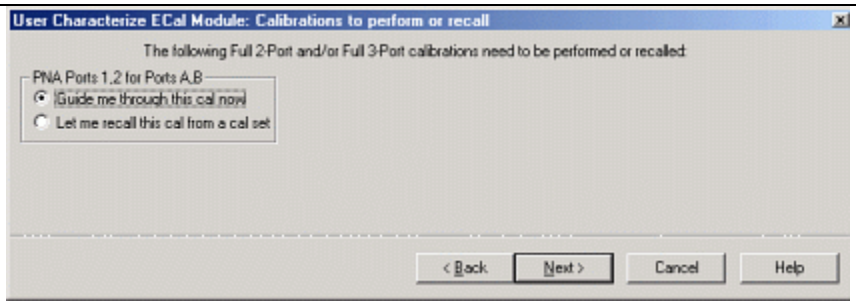
PORT B (ПОРТ B): в данном списке перечислены типы соединителей, доступные для порта B.

PORT C (ПОРТ C): в данном списке перечислены типы соединителей, доступные для порта C (поле доступно при работе с 4-портовыми модулями ECal).

PORT D (ПОРТ D): в данном списке перечислены типы соединителей, доступные для порта D (поле доступно при работе с 4-портовыми модулями ECal).

Next (Далее): нажмите для перехода к диалоговому окну Calibrations to perform or recall (Калибровки для выполнения или вызова).

Справка диалогового окна Calibrations to perform or recall (Калибровки для выполнения или вызова)



Перед выполнением измерений модуля ECal и необходимых переходов анализатор должен быть откалиброван. В данном диалоговом окне приведены сведения о количестве и типах операций механической калибровки, требуемых для задания характеристики.

Guide me through this cal now (Провести меня по этапам этой калибровки сейчас): поставьте отметку, чтобы выполнить управляемую калибровку. Для каждого типа соединителей требуется соответствующий калибровочный набор.

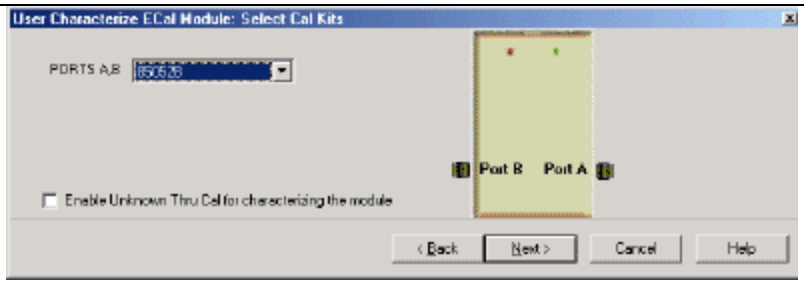
Примечание. Некоторые модели VNA-L не могут выполнить калибровку TRL на этапе калибровки в процессе задания пользовательской характеристики. Однако данный тип калибровки может быть выполнен с помощью мастера калибровки с сохранением результатов в виде массива калибровочных коэффициентов, который впоследствии может быть вызван на данной стадии задания пользовательской характеристики.

В случае если требуется несколько калибровок, следующее поле будет недоступно для выбора. См. примечание.

Let me recall this cal from a cal set (Разрешить вызвать эту калибровку из массива калибровочных коэффициентов): поставьте отметку, чтобы выбрать существующий массив калибровочных коэффициентов. Вы не можете выбрать массив, используемый в текущий момент. Подробнее об использовании массивов калибровочных коэффициентов .

Next (Далее): нажмите для перехода либо к диалоговому окну Select Cal Kits (Выбор калибровочного набора), либо к диалоговому окну Select Cal Set (Выбор массива калибровочных коэффициентов).

Справка диалогового окна Select Cal Kits (Выбор калибровочного набора)

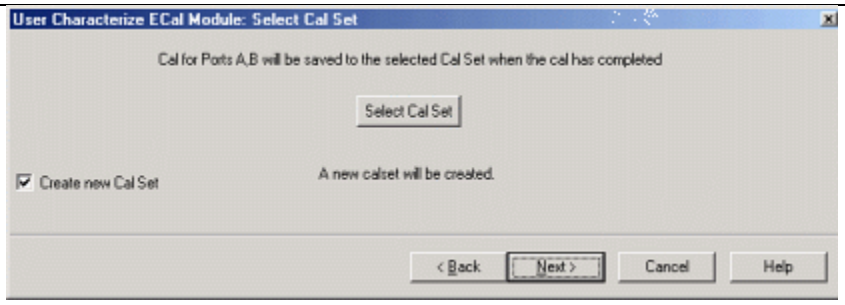


Данное окно содержит перечень калибровочных наборов для выполнения калибровки. Выберите калибровочный набор, который будет использоваться для каждого порта.

Enable Unknown Thru for characterizing the module (Разрешить калибровку с неизвестной мерой коэффициента передачи для задания характеристики модулю): поставьте флажок для разрешения. Это позволит сократить число этапов, требуемое для определения характеристики меры коэффициента передачи. Данная настройка доступна только у моделей VNA с одним опорным приемником на измерительный порт.

Next (Далее): нажмите для перехода к диалоговому окну Select Cal Set (Выбор массива калибровочных коэффициентов).

Справка диалогового окна Select Cal Set (Выбор массива калибровочных коэффициентов)



Результаты выполненной калибровки будут записаны в виде массива калибровочных коэффициентов. С помощью данного диалогового окна можно выбрать существующий массив калибровочных коэффициентов для перезаписи или создать новый. Выбранный порядок действий виден под кнопкой Select Cal Set.

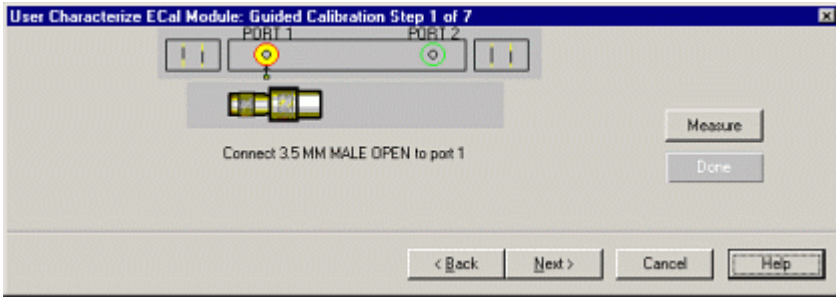
Select Cal Set (Выбрать массив калибровочных коэффициентов): нажмите, чтобы открыть диалоговое окно Select A Cal Set (Выбор массива калибровочных коэффициентов).

Create new Cal Set (Создать новый массив калибровочных коэффициентов): поставьте флажок, чтобы создать новый массив калибровочных коэффициентов для сохранения результатов калибровки. Уберите флажок, чтобы выбрать и перезаписать сохраненный массив калибровочных коэффициентов.

Next (Далее): нажмите для перехода к диалоговому окну Guided Calibration Steps (Этапы управляемой калибровки).

Примечание. Запомните название массива калибровочных коэффициентов для обращений в будущем.

Справка диалогового окна Guided Calibration Steps (Этапы управляемой калибровки)



Данное окно дает указания по подключению каждой калибровочной меры к измерительному порту.

Measure (Измерить): нажмите, чтобы выполнить измерение меры.

Back (Назад): нажмите, чтобы повторить один или несколько этапов калибровки.

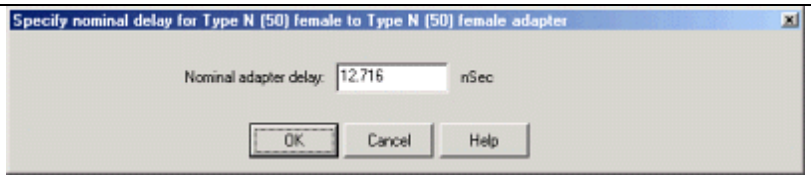
Done (Готово): нажмите после того, как мера будет измерена повторно и все измерения для калибровки будут завершены.

Next (Далее): нажмите для перехода к следующему этапу калибровки. (Нажатие данной кнопки не запускает измерение меры.)

Cancel (Отмена): нажмите для выхода из мастера калибровки.

После выполнения этапов калибровки появится диалоговое окно Specify nominal delay (Настройка номинальной задержки) или Guided Calibration completed (Управляемая калибровка завершена).

Справка диалогового окна Specify nominal delay (Настройка номинальной задержки)



Данное диалоговое окно появляется ТОЛЬКО при выполнении калибровки с удалением эффектов перехода или с неизвестной мерой коэффициента передачи.

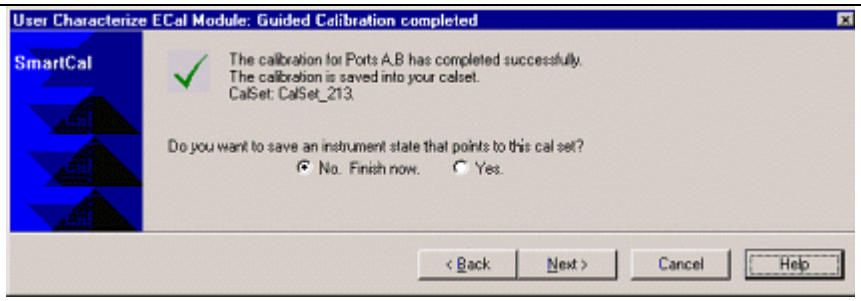
Следующие значения были определены по результатам измерений. В большинстве случаев они будут адекватными. Однако в режиме развертки с непрерывной волной или частотной развертки с большим размером шага точность данных значений можно улучшить.

Nominal Adapter delay (Номинальная задержка на переходе): чтобы улучшить это значение, измерьте и запишите задержку на переходе при малом размере шага. Введите здесь полученное значение.

Nominal phase offset (Номинальное смещение фазы) (ТОЛЬКО для волноводов). Чтобы улучшить это значение, измерьте и запишите смещение фазы на переходе волновода при малом размере шага. Введите здесь полученное значение.

В случаях, когда один соединитель имеет коаксиальную конструкцию, а другой представляет собой волновод, смещение фазы может иметь неопределенность в пределах 180°. Для сохранения единства приведенная здесь оценка всегда находится в диапазоне от 0° до 180°. Вы можете в любой момент изменить эту оценку на любое значение в интервале от –180° до +180°.

Справка диалогового окна Guided Calibration completed (Управляемая калибровка завершена)



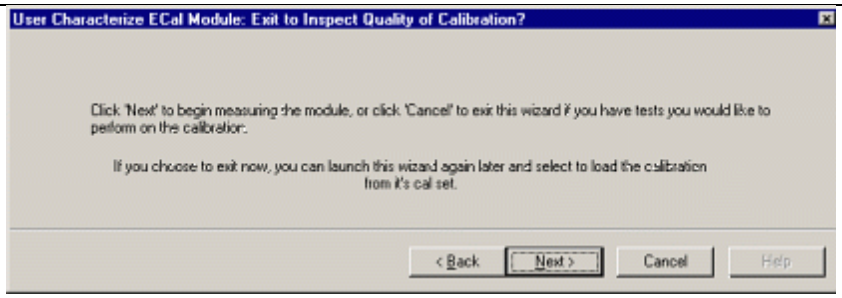
Данное окно позволяет завершить калибровку и перейти к следующим этапам задания характеристики.

No. Finish now (Нет, завершить сейчас): выберите, чтобы сохранить данные массива калибровочных коэффициентов.

Yes (Да): предоставляет выбор нескольких вариантов сохранения.

Next (Далее): нажмите для перехода к диалоговому окну Exit to Inspect Quality of Calibration (Выйти для проверки качества калибровки).

Справка диалогового окна Exit to Inspect Quality of Calibration (Выйти для проверки качества калибровки)



Данное окно предоставляет возможность выхода с целью валидации калибровки перед тем, как продолжить задание характеристики.

Back (Назад): нажмите, чтобы повторить калибровку.

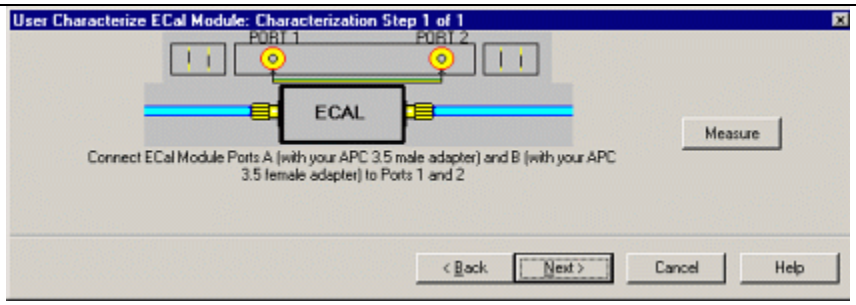
Next (Далее): нажмите для перехода к диалоговому окну Characterization Steps (Этапы задания характеристики).

Cancel (Отмена): нажмите для выхода из калибровки.

Чтобы вернуться на текущий этап:

1. Запустите мастер задания пользовательской характеристики.
2. В диалоговом окне Select User Number for new characterization нажмите Next.
3. В диалоговом окне Select Connectors for Characterization нажмите Next. (Ранее введенные значения сохраняются в памяти.)
4. В диалоговом окне Calibrations to perform or recall вызовите массив калибровочных коэффициентов для калибровки, которую вы только что выполнили.

Справка диалогового окна Characterization Steps (Этапы задания характеристики)

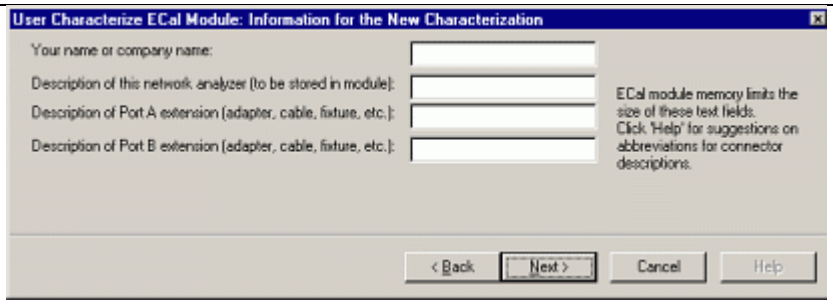


В данном окне приводятся инструкции по каждому измерению, требуемому для задания характеристики.

Measure (Измерить): нажмите, чтобы выполнить измерения модуля ECal.

Next (Далее): нажмите для перехода к диалоговому окну Information for the New Characterization (Информация для задания новой характеристики) после того, как измерения будут завершены.

Справка диалогового окна Information for the New Characterization (Информация для задания новой характеристики)



С помощью данного окна можно ввести описание свойств пользовательской характеристики.

Предлагаемые варианты сокращенных обозначений соединителей

Для ограничения числа символов предлагаем использовать следующие кодовые обозначения перечисленных соединителей, состоящие из трех символов.

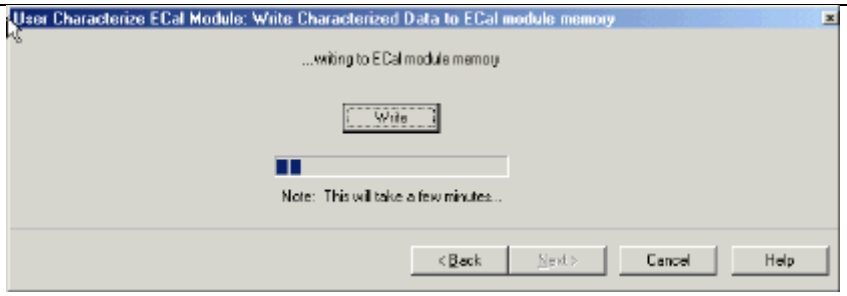
Пользовательские характеристики с использованием соединителей, которые НЕ включены в данную таблицу, НЕ могут быть сохранены в модуле ECal. Однако при сохранении в дисковой памяти допускается использование ЛЮБЫХ типов соединителей. Подробнее о сохранении в дисковой памяти.

Тип соединителя	Код из трех символов
1,0 мм, розетка	10F
1,0 мм, вилка	10M
1,85 мм, розетка	18F
1,85 мм, вилка	18M
2,4 мм, розетка	24F
2,4 мм, вилка	24M
2,92 мм, розетка	29F
2,92 мм, вилка	29M
3,5 мм, розетка	35F
3,5 мм, вилка	35M
7-16, розетка	16F
7-16, вилка	16M
Тип F, розетка	F7F
Тип F, вилка	F7M
N50, розетка	N5F

N50, вилка	N5M
N75, розетка	N7F
N75, вилка	N7M
APC 7	7MM
Волновод, полоса K	KBW
Волновод, полоса P	PBW
Волновод, полоса Q	QBW
Волновод, полоса R	RBW
Волновод, полоса U	UBW
Волновод, полоса V	VBW
Волновод, полоса W	WBW
Волновод, полоса X	XBW

Next (Далее): нажмите для перехода к диалоговому окну Write Characterized Data to the ECal module (Запись данных характеристики в модуль ECal).

Справка диалогового окна Write Characterized Data (Запись данных характеристики)



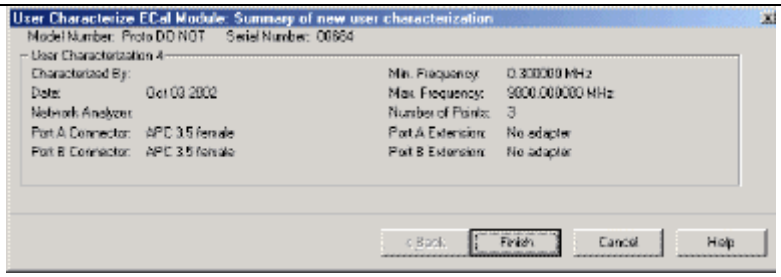
Запись данных пользовательской характеристики и заводской характеристики производится либо в дисковую память, либо в память модуля ECal.

Write (Запись): нажмите, чтобы записать данные.

После сохранения данных в модуле откроется диалоговое окно Summary of new User Characterization (Сводные данные по новой пользовательской характеристике).

- Если будет выбран номер пользовательской характеристики, в которой уже содержатся данные, существующие данные будут перезаписаны. Подробнее.
- Более подробная информация приведена в теме «Восстановление памяти модулей ECal».
- Единственным способом, с помощью которого данные могут быть удалены из памяти модуля ECal, является использование утилиты Data Wipe Utility. Подробнее на сайте: na.support.keysight.com/pna/apps/applications.htm.

Справка диалогового окна Summary of new User Characterization (Сводные данные по новой пользовательской характеристике)



Данное окно служит для подтверждения состояния пользовательской характеристики модуля ECal.

- Номер модели модуля ECal.
- Сводные данные по пользовательской характеристике.

Cancel (Отмена): нажмите, чтобы выйти (задание характеристики завершено).

Finish (Завершить): нажмите, чтобы выйти (задание характеристики завершено).

Управление пользовательскими характеристиками ECal, хранящимися в дисковой памяти

Как правило, пользовательские характеристики, хранящиеся в дисковой памяти, могут использоваться неограниченно долго без необходимости управления ими. Тем не менее с помощью данного диалогового окна можно создать резервные копии характеристик на случай их непредвиденного удаления или сохранить характеристики в файл, который может быть перенесен на другой анализатор.

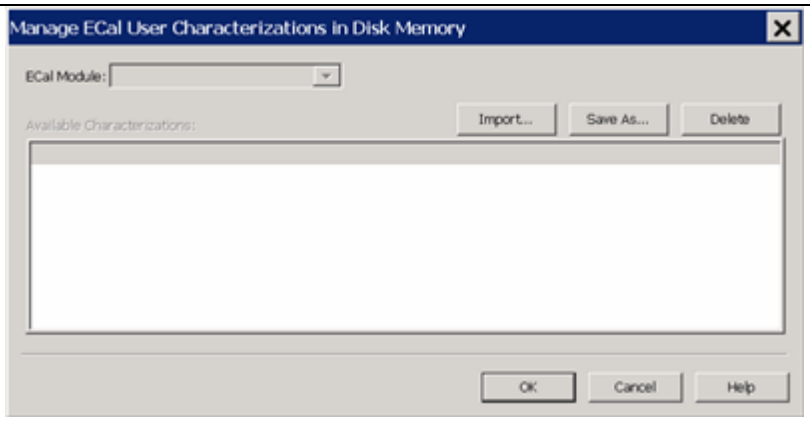
Порядок управления пользовательскими характеристиками ECal, хранящимися в дисковой памяти

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки

1. Нажмите **Cal** > ***Cal Sets & Cal Kits*** > **ECal** > **Manage ECal Disk Memory...**

Команды программирования

Справка диалогового окна Manage ECal User Characterizations in Disk Memory (Управление пользовательскими характеристиками ECal, хранящимися в дисковой памяти)



Данное диалоговое окно позволяет выполнить следующее:

- сохранить существующую пользовательскую характеристику в дисковой памяти в виде файла *.euc;
- загрузить ранее сохраненный файл *.euc для использования на анализаторе с заданным модулем ECal.

Подробнее о пользовательских характеристиках, хранящихся в дисковой памяти.

ECal Module (Модуль ECal): выберите из перечня модуль ECal Modul, для которого в данный момент выполняется сохранение пользовательской характеристики в дисковой памяти.

Save As (Сохранить как): нажмите, чтобы сохранить пользовательскую характеристику, которая в настоящее время имеется в дисковой памяти, в файл *.euc. Данный файл может использоваться в качестве резервной копии в случае ошибочного удаления файла архива или может быть перенесен на другой анализатор, с которым будет использоваться выбранный модуль ECal.

Import (Импорт): нажмите, чтобы загрузить ранее сохраненный файл *.euc для использования на анализаторе с заданным модулем ECal.

Delete (Удалить): нажмите, чтобы удалить пользовательскую характеристику из дисковой памяти.

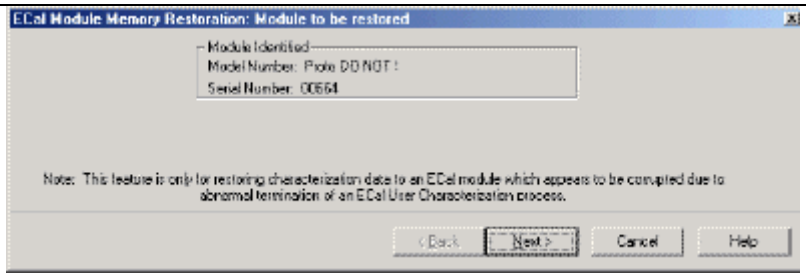
Восстановление памяти модулей ECal

Во время записи данных пользовательских характеристик на модуль ECal также выполняется запись всего содержимого памяти модуля ECal, включая заводские данные ECal, в дисковую память. В маловероятном случае утраты памяти модуля ECal это позволит восстановить все данные в памяти модуля ECal.

Внимание! Если после того, как данные из памяти модуля ECal были переписаны на дисковую память, была выполнена новая заводская калибровка, новые данные заводской калибровки также будут перезаписаны.

Примечание. Утилита ECal Data Wipe Utility позволяет стереть все пользовательские данные в соответствии с US DoD 5220.22-M. Подробнее на сайте: na.support.keysight.com/pna/apps/applications.htm

Порядок восстановления памяти модулей ECal
С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки 1. Нажмите **Cal** > ***Cal Sets & Cal Kits*** > **ECal** > **Restore ECal Memory...**
Команды программирования для этой функции отсутствуют.

Справка диалогового окна Module to be restored (Модуль будет восстановлен)
   Подтвердите серийный номер модуля, который должен быть восстановлен. Если подключено два модуля, выберите тот модуль, на котором требуется восстановить данные. Next (Далее): нажмите, чтобы записать данные в память модуля.

Калибровка TRL

TRL или калибровка методом перемычки, отражения и линии представляет собой **семейство** методик калибровки, в которых выполняются измерения двух мер передачи и одной меры коэффициента отражения с целью определения коэффициентов ошибки с 12 параметрами для 2 портов. Например, в это семейство входят такие виды калибровки, как **TRM** (перемычка, отражение и согласование), **LRL** (линия, отражение и линия), **LRM** (линия, отражение и согласование).

Для определения тех же коэффициентов ошибки с помощью традиционной калибровки SOLT требуется выполнить измерения одной меры передачи (T) и трех мер коэффициента отражения (SOL).

- Для чего нужна калибровка TR
- Процесс калибровки TRL
- Калибровочные наборы для TRL
- Калибровочные меры, используемые для TRL
- Калибровка TRL на 4-портовом анализаторе VNA-L и BCEX моделях с внешними измерительными блоками

См. другие темы по калибровке

Для чего нужна калибровка TR

Калибровка TRL обеспечивает чрезвычайно высокую точность, и в большинстве случаев ее погрешность ниже, чем у калибровки SOLT. Однако меры TRL имеются далеко не во всех калибровочных наборах. Чаще всего калибровка TRL выполняется в случаях, когда требуется высокий уровень точности и когда отсутствуют калибровочные меры с соединителями того же типа, что и у тестируемого устройства. Как правило, такая необходимость возникает при использовании тестовых приспособлений или выполнении измерений на пластине с помощью зондов. Поэтому в некоторых случаях требуется выполнить и определить характеристики мер в тех же средах, которые присутствуют в конфигурации тестируемого устройства. Проще изготовить и определить характеристики трех мер TRL, чем четырех мер SOLT.

Еще одно преимущество калибровки TRL связано с тем, что для мер TRL не требуется столь же полное и точное определение характеристик, как для мер SOLT. В то время как для мер SOLT определяются полные характеристики, которые сохраняются в качестве определения мер, для мер TRL применяется моделирование без полного определения характеристик. Тем не менее точность калибровки TRL прямо пропорционально зависит от качества и воспроизводимости мер TRL. Физические неоднородности, такие как изгибы линий передачи и пузырьки в коаксиальных конструкциях, приводят к снижению точности калибровки TRL. Соединители должны поддерживаться в чистоте и должны обеспечивать надежное подключение.

Более подробно требования к калибровочным мерам описаны в теме «Калибровочные меры, используемые для калибровки TRL».

Примечание. Термин **«виртуальное устройство»** используется для описания не существующего в реальности (связывающего между собой две опорные плоскости измерительных портов) соединения в процессе калибровки. Поэтому в определении массива калибровочных коэффициентов **не** должно быть задано более одной меры КП с тем же типом разъема/теми же парами соединителей для каждого **виртуального устройства**. В противном случае все такие меры КП будут приниматься за один и тот же этап физического подключения во время калибровки. Это будет создавать проблемы для калибровки TRL, если измерения меры КП и меры волнового сопротивления выполнялись на одном этапе подключения.

Процесс калибровки TRL

Хотя калибровка TRL может выполняться путем выбора в мастере калибровки опции Unguided Cal (Неуправляемая калибровка), ниже описан более простой процесс с выбором опции SmartCal. Для обеих этих опций требуется иметь калибровочные меры TRL, которые были определены и включены в калибровочный набор VNA.

1. Выполните предварительную настройку анализатора VNA.
2. Выполните настройку измерений и испытательного сигнала.
3. Нажмите **Cal** > ***Main*** > **Other Cals** > **Smart Cal...**
4. Выберите соединители тестируемого устройства и калибровочный набор для каждого порта. Порт с БОЛЕЕ НИЗКИМ номером в каждой паре портов ДОЛЖЕН включать меры TRL. В качестве метода калибровки отображается TRL.
5. Поставить флажок для **Modify Cal,** нажать **Next** и затем **View/Modify**, чтобы изменить опции TRL по умолчанию, если это необходимо.
6. Следуя подсказкам, выполните калибровку.
7. Проверьте точность калибровки.

Калибровочные наборы для TRL

Компания Keysight Technologies предлагает два калибровочных набора, имеющих в своем составе требуемые меры для выполнения калибровки TRL: 85050C (APC 7 мм) и 85052C (3,5 мм). Оба набора включают традиционные меры холостого хода, короткого замыкания и нагрузки. (Мера коэффициента передачи в действительности не поставляется, для нее принимается мера коэффициента передачи нулевой длины.) Кроме того, данные наборы включают воздушную линию, которая используется в качестве меры линии. Для работы с воздушной линией в состав наборов входят корпус воздушной линии, центральный проводник и инструменты для установки и извлечения. Набор APC 7 включает переход для соединения воздушной линии с соединителем APC.

Калибровочные меры, используемые для TRL

В используемом калибровочном наборе должны быть определены следующие меры:

МЕРА КОЭФФИЦИЕНТА ПЕРЕДАЧИ (КП)

Примечание. Калибровка TRL поддерживает все методы калибровки по мерам КП, **КРОМЕ** калибровки по неизвестной мере коэффициента передачи.

- Мера КП может быть нулевой или ненулевой длины. Однако калибровка по мере КП нулевой длины обеспечивает более точные результаты, так как по определению данная мера характеризуется нулевыми потерями и отсутствием отражений.
- Мера КП не может иметь одинаковую электрическую длину с мерой линии.
- Если фаза и электрическая длина включаемого в цепь устройства хорошо известны, мера КП может использоваться для задания опорной плоскости.
- Волновой импеданс мер КП и линии определяет опорный импеданс калибровки.
- В случае отсутствия мер КП с соединителями требуемого типа может быть выполнена калибровка с удалением эффектов перехода.

МЕРА КОЭФФИЦИЕНТА ОТРАЖЕНИЯ (КО)

- Мерой КО может служить любое устройство с высоким коэффициентом отражения, у которого данный коэффициент остается неизменным при подключении к обоим портам анализатора VNA.
- Фактическое значение КО знать не требуется.
- Фаза меры КО должна быть известна с точностью в пределах 1/4 длины волны.
- Если уровень и фаза меры КО хорошо известны, данная мера может использоваться для

задания опорной плоскости.

МЕРА ВОЛНОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ (ВС)

Меры ВС и КП устанавливают опорный импеданс для измерений после завершения калибровки. К калибровке TRL применяются следующие ограничения, накладываемые на меру линии:

- Должна иметь тот же импеданс и ту же постоянную распространения, что и мера КП.
- Электрическую длину необходимо задавать лишь в пределах 1/4 длины волны.
- Не может иметь одинаковую электрическую длину с мерой КП.
- Для калибровки TRL с широким частотным диапазоном требуется несколько мер линии. Например, для диапазона от 2 до 26 ГГц требуется две меры линии.
- Должна иметь электрическую длину, соответствующую диапазону частот: при каждой частоте разность фаз между сигналами от мер КП и линии должна быть больше 20° и меньше 160°. На практике это означает, что одиночная мера линии может быть использована только в диапазонах частот с кратностью 8:1 (отношение диапазона частот к начальной частоте). Поэтому при калибровке в широком частотном диапазоне требуется использовать несколько линий.
- При низких частотах мера ВС может стать слишком длинной для практического использования. Оптимальная длина меры ВС равна 1/4 длины волны при среднем геометрическом диапазона частот (квадратный корень из f1 x f2).

МЕРА СОГЛАСОВАННОЙ НАГРУЗКИ (СН)

Примечание. Мера волнового сопротивления для калибровки TRL должна иметь задержку больше 0 (нуля) пс. В противном случае расчеты по коррекции калибровки могут содержать непредсказуемые результаты.

В случае если изготовить меру ВС с соответствующей длиной или потерями не представляется возможным, вместо нее может быть использована мера СН.

- Мера СН представляет собой оконечную схему с низким коэффициентом отражения, которая подключается и к порту 1, и к порту 2.
- Мера СН может быть определена как линия передачи бесконечной длины или 1-портовая оконечная схема с низким коэффициентом отражения, например, как оконечная нагрузка.
- Если данная мера определена как линия передачи бесконечной длины, мера СН должна быть установлена на обоих измерительных портах одновременно. Если данная мера определена как 1-портовая мера нагрузки, измерения нагрузок производятся по отдельности. Для нагрузок принимается, что они имеют одинаковые характеристики.
- Импеданс меры СН становится опорным импедансом для измерений. Для наилучшего результата следует использовать одинаковые нагрузки на обоих портах. Нагрузка может быть определена на основании данных, по произвольному определению импеданса или по определению фиксированной нагрузки.

См. также

- Более подробную информацию можно получить в документе «Задание калибровочных мер и калибровочных наборов для векторных анализаторов цепей Keysight» (рекомендации по применению № 1287-11).

Калибровка TRL на 4-портовом анализаторе VNA-L и BCEX моделях VNA с внешними измерительными блоками

Начиная с VNA версии 5.25, калибровка TRL МОЖЕТ выполняться на анализаторах VNA-L и BCEX моделях VNA с разрешенным использованием внешней измерительной установки. Ранее для калибровки TRL требовался анализатор VNA с опорным приемником для каждого измерительного порта. Новый метод калибровки TRL предусматривает выполнение сначала калибровки по разности согласований и применение ее результатов.

Точность такой калибровки TRL в значительной степени зависит от точности калибровки по разности согласований. При наличии точных результатов калибровки по разности

согласований разница в точности традиционной калибровки TRL и данной калибровки TRL будет несущественной.

Порядок выполнения калибровки TRL в таких случаях

1. Нажмите **Cal** > ***Main*** > **Other Cals** > **Smart Cal...**
2. Выберите калибровочный набор TRL для портов, подлежащих калибровке.
3. Во время калибровки мастер калибровки попросит указать действительную калибровку по разности согласований.

Погрешность измерений

Погрешность измерения амплитуды и фазы коэффициентов передачи и отражения после полной двухпортовой/многопортовой калибровки приведены в описании типа и англоязычных технических характеристиках, опубликованных производителем. Для определения погрешности измерения при произвольных настройках анализатора и значениях коэффициента передачи или отражения необходимо использовать базу данных погрешностей «Калькулятор погрешности», которую можно загрузить по ссылке www.keysight.com/main/software.jspx?cc=US&lc=eng&nid=-34791.0.00&id=1000000418:epsg:sud&pageMode=CV или на сайте www.keysight.com в разделе **Downloadable Vector Network Analyzer Uncertainty Calculator**.

4. Анализ данных

Создание и перемещение маркеров

Порядок создания маркеров

С помощью аппаратной клавиши/ *программной вкладки*/программной кнопки

1. Нажмите **Marker** > ***Marker 1-7*** / ***Marker 8-15*** / ***Reference***.
2. Нажмите на небольшую клавишу **Marker N** или **Reference** слева.

С помощью мыши

1. Наведите курсор на график.
2. Нажмите правую кнопку мыши на графике и выберите **Add Marker...**

Команды программирования

Количество маркеров общего назначения и опорных маркеров

Для каждого графика может быть создано 15 обычных маркеров и один опорный маркер (используется с дельта-маркерами).

Для команд дистанционного управления имеется настройка предпочтений, позволяющая возвращаться к предыдущему режиму работы.

При разработке новых программ используйте для управления опорными маркерами команды для опорных маркеров. НЕ используйте команды для маркеров общего назначения для управления опорными маркерами.

Перемещение маркеров

Чтобы переместить маркер, сделайте маркер активным, выбрав его номер с помощью любого из вышеописанных трех способов. **Активный маркер** отображается на экране анализатора в виде символа ∇. Все остальные маркеры остаются неактивными и отображаются на экране анализатора в виде символа Δ. Затем измените величину стимула с помощью одного из следующих методов:

- наберите значение;
- прокрутите до требуемой величины стимула с помощью клавиш со стрелками вверх/вниз. Разрешение не может быть изменено;
- щелкните по полю стимула и затем задайте требуемое значение с помощью круглой рукоятки на передней панели;
- выделите и перетащите маркеры пальцем (на сенсорном экране) или щелкните левой кнопкой мыши по символу маркера и удерживайте его. Затем перетащите маркер в любую точку на графике. Данная возможность ОТСУТСТВУЕТ при работе с форматами отображения в виде диаграммы Смита или полярной диаграммы, а также с фиксированными маркерами.

Настройка маркеров

Порядок задания настройки маркеров

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки

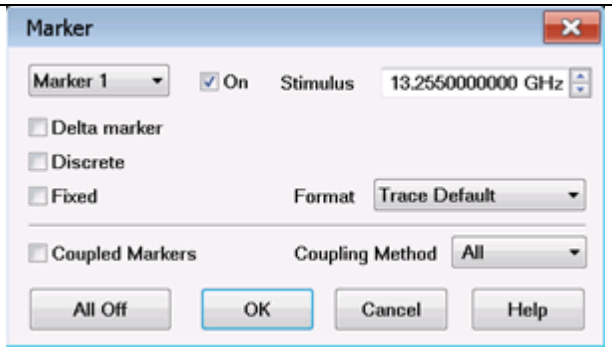
1. Нажмите **Marker** > ***Marker Setup***.
2. Задайте значение или выберите требуемую настройку для каждой программной кнопки.

С помощью мыши

1. Наведите курсор на маркер.
2. Нажмите правую кнопку мыши на маркере и выберите **Marker...**

Команды программирования

Справка диалогового окна **Marker (Маркер)**



Marker (Маркер): задает номер текущего (активного) маркера, который определяется в данный момент.

On (Включить): поставьте флажок, чтобы отобразить на экране маркер с соответствующими данными.

Stimulus (Стимул): задает положение активного маркера по оси X. Чтобы изменить значение стимула, наберите требуемое значение, используйте клавиши со стрелками вверх и вниз, щелкните по текстовому полю и используйте круглую рукоятку на передней панели или перетащите маркер на экране.

Delta Marker (Дельта-маркер (и опорный маркер)): поставьте флажок, чтобы активный маркер отображал данные относительно опорного (R) маркера. Для каждого графика может быть задан только один опорный маркер. Все остальные маркеры могут быть обычными маркерами или дельта-маркерами. При создании дельта-маркера на экране будет автоматически отображен опорный маркер, если он еще не был показан. Дельта-маркер может быть активирован с помощью диалогового окна Marker или панели инструментов Marker. **См. также:** Количество маркеров общего назначения и опорных маркеров.

Discrete Marker (Дискретный маркер): поставьте флажок, чтобы отображать значения только в дискретных точках, где производятся измерения. Снимите флажок, чтобы отображать значения, интерполированные по точкам данных. Интерполированные маркеры будут сообщать данные по оси Y для ЛЮБОГО значения частоты в диапазоне между начальной и конечной частотами.

Fixed (Фиксированный): поставьте флажок, чтобы маркер имел фиксированное положение по оси X и по **оси Y** на основании его положения на графике в тот момент, когда он стал фиксированным. Маркер НЕ будет перемещаться вместе с амплитудой данных на графике. Маркер может быть прокручен влево и вправо по оси X путем изменения величины стимула маркера. Используйте маркеры данного типа для быстрого контроля состояния до и после изменений в испытательном устройстве. Например, фиксированные маркеры могут использоваться для регистрации различий в результатах испытаний до и после настройки фильтра.

Снимите флажок с данного поля, чтобы создать **обычный** маркер, имеющий фиксированный стимул (положение по оси X) и реагирующий на изменения амплитуды данных (положение по оси Y). Маркер может быть прокручен влево и вправо по оси X путем изменения величины стимула маркера. Используйте маркеры данного типа с одним из видов поиска с помощью маркеров, чтобы найти требуемые данные.

Format (Формат маркера): служит для отображения данных маркеров в выбранном формате. Настройка Trace Default (График по умолчанию) дает одинаковые форматы маркера и сетки. Выберите один из следующих вариантов:

Log/Phase (Фаза в логарифмических координатах)	Log Mag (Логарифмическая амплитуда)	Real (Действительная часть)
Linear/Phase (Фаза в линейных координатах)	Linear Mag (Линейная амплитуда)	Imaginary (Мнимая часть)
Real/Imag (Действительная/мнимая часть)	Phase (Фаза)	Kelvin (Градусы по шкале Кельвина)
R+jX (Импеданс в комплексных числах)	SWR (Коэффициент стоячей волны)	Fahrenheit (Градусы по шкале Фаренгейта)
G+jB (Адмиттанс в комплексных числах)	Delay (Задержка)	Celsius (Градусы по шкале Цельсия)

Noise Marker Format (Формат маркера уровня шума): доступно ТОЛЬКО в классах измерений IMSpectrum и SA. В целях сравнения результаты измерения уровня шума электронных устройств часто отображаются так, как будто измерения были сделаны с полосой разрешения 1 Гц. Однако в реальности выполнение измерений с полосой разрешения 1 Гц невозможно, так как даже при разрешении 10 Гц скорость измерений будет очень и очень низкой.

Маркер уровня шума математически рассчитывает измеренный уровень шума **в единственной точке данных** так, как если бы эти измерения были сделаны при полосе пропускания 1 Гц.

Для точного измерения уровня шума НЕ следует размещать маркер на сигнале или очень близко к нему. Приемлемое расстояние от сигнала зависит от ряда факторов. Чтобы удостовериться в том, что отображаются точные показания, перемещайте маркер уровня шума, пока в соседних точках данных не будут отображаться стабильные результаты измерений.

All Off (Выключить все маркеры): нажмите, чтобы выключить все маркеры на активном графике.

Связанные маркеры

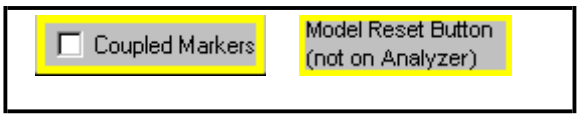
Функция связывания маркеров позволяет связать поведение маркеров на различных графиках с маркерами на выбранном графике. Связывание маркеров производится по номеру маркера: 1 с 1, 2 с 2, 3 с 3 и т. д. Связывание происходит при одинаковой области по оси X (то есть частотной или временной области). Маркеры графиков, построенных в разных областях по оси X, связаны не будут. В случае если для маркера графика отсутствует маркер, с которым возможно связывание на выбранном графике, этот маркер остается независимым.

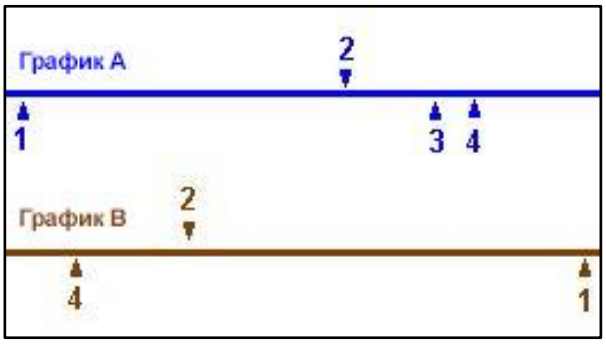
Coupling Method (Метод связывания): выберите, на что будет распространяться связывание. Выберите один из следующих вариантов:

- **All (Все):** маркер на одном графике связывается с маркерами с тем же номером во всех каналах, окнах и графиках.
- **Channel (Канал):** маркер на одном графике связывается с маркерами с тем же номером на графиках, имеющих тот же номер канала, что и исходный график.

Модель связанных маркеров

Данная модель иллюстрирует использование связанных маркеров в анализаторе VNA:





1. Щелкните по графику A или графику B.
2. Щелкните по полю Coupled Markers.
3. Обратите внимание на следующее:
   - Маркеры на невыбранном графике перемещаются в положение по оси X на выбранном графике.
   - Если маркер на невыбранном графике не имеет маркера с соответствующим номером на выбранном графике, этот маркер не перемещается.
4. Нажмите **Reset**, чтобы запустить модель вновь. Функция Reset (Сброс) не применяется к связанным маркерам в анализаторе VNA.

Поиск с помощью маркеров

Маркеры могут использоваться для поиска и предоставления данных для следующих критериев, применяемых к графикам:

- максимальное и минимальное значения: поиск наибольшей или наименьшей точки на графике;
- пик и затем перемещение к другим пикам (слева, справа, к следующей наибольшей точке);
- несколько пиков;
- заданное значение: поиск определенного значения по оси Y;
- несколько целевых точек;
- полоса пропускания (фильтры);
- режекция сигнала (фильтры);
- точка компрессии (усилители);
- подробнее о маркерах PSAT и PNOP:
  - мощность насыщения (усилители);
  - нормальная рабочая точка по мощности (усилители);
- область поиска;
- индикаторы диапазона поиска.

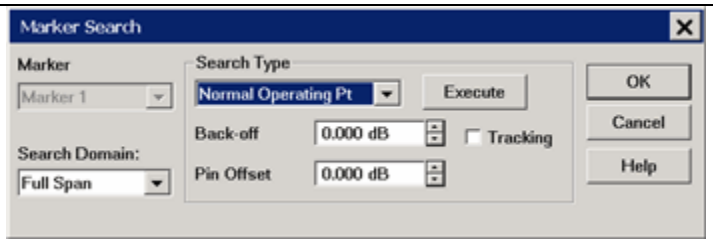
Порядок поиска с помощью маркеров	
С помощью аппаратной клавиши/ *программной вкладки*/программной кнопки	С помощью мыши

1. Нажмите **Search** > ***Main*** / ***Peak*** / ***Target*** / ***Multi Peak & Target*** / ***Bandwidth & Notch*** / ***Compression & Saturation*** / ***Normal Op Pt***.

1. Наведите курсор на маркер.
2. Нажмите правую кнопку мыши на маркере и выберите **Search...**, чтобы открыть диалоговое окно Marker Search для задания параметров поиска.
3. В поле **Search Type** диалогового окна Marker Search выберите требуемую функцию поиска.
4. Нажмите **Execute** или поставьте флажок в поле **Tracking**. Подробнее.

Команды программирования

Справка диалогового окна **Marker Search (Поиск с помощью маркера)**



Marker (Маркер): задает номер маркера, который определяется в данный момент. Опция недоступна для тех видов поиска, в которых используются специальные маркеры.

Search Domain (Область поиска): укажите область, в которой может перемещаться маркер или может осуществляться поиск. При выборе опции Full Span (Полный диапазон) маркер выполняет поиск заданных значений в полном диапазоне измерений. При выборе опции User Span (Пользовательский диапазон) маркер выполняет поиск заданных значений в диапазоне измерений, заданном пользователем. Подробнее о поиске в области.

Search Type (Тип поиска)

Примечание. Для запуска любых видов поиска необходимо нажать **Target Search** или поставить флажок в поле **Tracking**. Если для заданного вида поиска отсутствуют совпадения с действительными данными, маркер не сдвинется из текущего положения.

- **Target Search (Поиск целевой точки):** нажмите, чтобы выполнить с помощью маркера поиск по заданным критериям.
- **Tracking (Отслеживание):** поставьте флажок, чтобы с помощью маркера выполнялся поиск по заданным критериям при каждом новом ходе развертки. Поиск будет начат с первым ходом развертки после постановки флажка в поле Tracking с использованием текущего вида поиска и информации об области поиска. Поэтому перед использованием полученных данных необходимо убедиться, что критерии поиска соответствуют вашим требованиям. Вы можете вручную изменить настройку стимула маркера, если для этого маркера было выбрано отслеживание.

Maximum (Максимум): маркер ищет максимальное (наибольшее) значение данных.

Minimum (Минимум): маркер ищет минимальное (наименьшее) значение данных.

Next Peak (Следующий пик): маркер ищет пик со следующим меньшим значением амплитуды по отношению к своему начальному положению.

Peak Right (Пик справа): маркер ищет **следующий действительный пик справа** от своего начального положения по оси X.

Peak Left (Пик слева): маркер ищет **следующий действительный пик слева** от своего начального положения по оси X.

Multi Peak (Несколько пиков): функция, выполняющая поиск пиков, соответствующих значению отклонения для поиска нескольких пиков и значению полярности для поиска нескольких пиков. Подробнее о поиске нескольких пиков.

- **Threshold (Порог):** минимальная амплитуда (дБ). Чтобы считаться действительным, пик должен находиться **выше** порогового уровня. Окрестности по обеим сторонам пика могут находиться ниже порогового уровня.
- **Excursion (Отклонение):** вертикальное расстояние (дБ) между пиком и окрестностями по его обеим сторонам. Чтобы считаться пиком, значения данных должны спадать с пикового значения по обеим сторонам пика на значение отклонения.

Target (Целевая точка): функция, выполняющая поиск целевой точки, соответствующей предварительно заданному требуемому значению и видам перехода (положительный, отрицательный или комбинированный (положительный и отрицательный)), и затем перемещающая маркер в эту требуемую точку. Подробнее о поиске нескольких целевых точек.

Target Left (Целевая точка слева): функция, выполняющая поиск из текущего положения маркера в сторону меньших величин стимула и перемещающая маркер в первую обнаруженную целевую точку

Target Right (Целевая точка справа): функция, выполняющая поиск из текущего положения маркера в сторону больших величин стимула и перемещающая маркер в первую обнаруженную целевую точку.

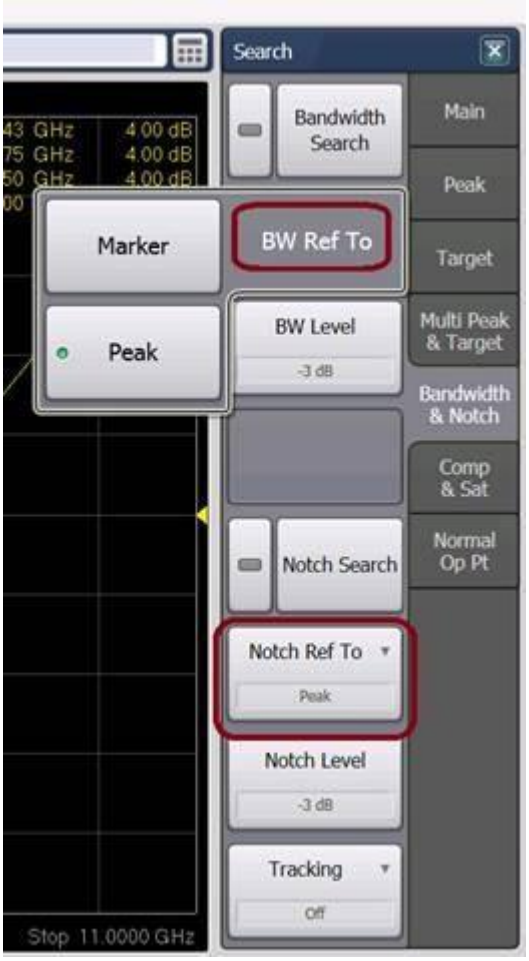
Multi Target (Несколько целевых точек): функция, выполняющая поиск целевых точек, соответствующих значению для поиска нескольких целевых точек и значению перехода для поиска нескольких целевых точек. Подробнее о поиске нескольких целевых точек.

- Target (Целевое значение): значение в дБ.

Compression (Компрессия): функция, выполняющая с помощью активного маркера поиск заданного **уровня компрессии** усиления. Подробнее о поиске компрессии.

- Compression (Компрессия): значение в дБ.

Доступ к видам поиска **Bandwidth** и **Notch** осуществляется нажатием **Search** > ***Bandwidth & Notch*** > **BW Ref to** или **Search** > ***Bandwidth & Notch*** > **Notch Ref to**.



Bandwidth (Полоса пропускания): функция для определения ширины полосы графика, центральной частоты, точек отсечки (со стороны высокой частоты и со стороны низкой частоты), значения Q и вносимых потерь на основании положения активного маркера (если режим поиска установлен на Marker) или маркера пика (если режим поиска установлен на Peak). Подробнее о поиске полосы пропускания.

- Поиск в режиме пиков полосы пропускания
    - При отрицательном уровне поиск выполняется относительно максимального пика.
    - При положительном уровне поиск выполняется относительно минимального пика.
    - Уровень полосы пропускания задается в дБ.

Notch (Режекция сигнала): функция для получения ширины полосы, центральной частоты, точек отсечки (со стороны высокой частоты и со стороны низкой частоты), значения Q и вносимых потерь для графика на основании положения активного маркера (если режим поиска установлен на Marker) или маркера пика (если режим поиска установлен на Peak). Подробнее о поиске режекции сигнала.

- Поиск в режиме пиков режекции сигнала
    - При отрицательном уровне поиск режекции сигнала выполняется относительно минимального пика.

- При положительном уровне поиск режекции сигнала выполняется относительно максимального пика.
- Уровень режекции сигнала задается в дБ.

Характер поведения по умолчанию для поиска в зависимости от активного маркера или маркера пика может быть задан с помощью настройки предпочтений Marker: On Preset, set BW/Notch search reference to Peak (Маркер: при применении предварительной настройки устанавливать поиск полосы пропускания/режекции сигнала на поиск пиков).

Power Saturation (Мощность насыщения): подробнее о поиске PSAT.

- PMax Back-off (Ослабление PMax): значение в дБ.

Normal Operating Pt (Нормальная рабочая точка): выходная мощность, при которой уровень на входе смещен относительно входной мощности с ослаблением на значение Pin Offset. Подробнее о поиске PNOP.

- Back-off (Ослабление): значение в дБ.
- Pin Offset (Смещение Pin): значение по оси X в дБ.

Поиск максимальных и минимальных значений

Порядок создания поиска максимальных и минимальных значений

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки

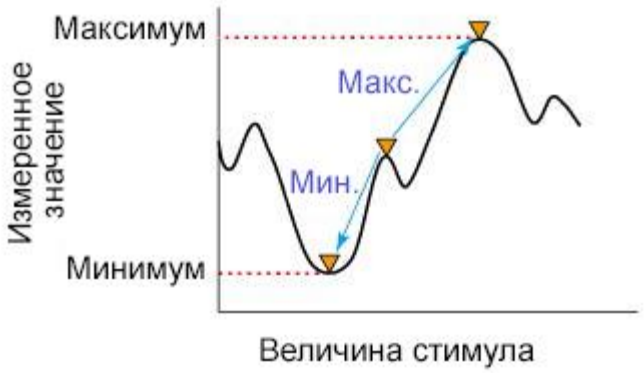
1. Нажмите **Search** > ***Main***.
2. Щелкните по **Max Search** или **Min Search** соответственно для поиска максимальных или минимальных значений.
3. Также можно щелкнуть по **Tracking** для поиска заданного максимального или минимального уровня в каждом ходе развертки. Подробнее.

С помощью мыши

1. Наведите курсор на маркер.
2. Нажмите правую кнопку мыши на маркере и выберите **Search...**
3. В поле **Search Type** диалогового окна Marker Search выберите **Maximum/Minimum**.
4. Нажмите Execute или поставьте флажок в поле Tracking. Подробнее.

Команды программирования

Данная функция позволяет искать максимальное или минимальное измеренное значение в графике и перемещать маркер в эту точку.



Поиск максимального значения (Max Search)	Активный маркер перемещается в точку на графике с наибольшим измеренным значением.
Поиск минимального значения (Min Search)	Активный маркер перемещается в точку на графике с наименьшим измеренным значением.

Примечание. Если в качестве формата данных выбрана диаграмма Смита или формат полярных координат, поиск выполняется только для основного значения отклика.

Поиск пика

Порядок создания поиска пика

С помощью аппаратной клавиши/ *программной вкладки*/программной кнопки

1. Нажмите **Search** > ***Peak***.
2. Щелкните по **Peak Search**, чтобы отобразить маркеры на пике.
3. Щелкните по **Peak Right >> Search**, **<< Peak Left Search** или **Next Peak Search** соответственно для поиска пика справа, поиска пика слева или поиска следующего пика и перемещения маркера на пик.
4. Щелкните по **Threshold** для ввода порогового значения пика.
5. Щелкните по **Excursion** для ввода минимального значения пикового отклонения.
6. Щелкните по **Peak Polarity** для выбора полярности пика.
7. Также можно щелкнуть по **Tracking** для поиска заданного уровня пика в каждом ходе развертки. Подробнее.

С помощью мыши

1. Наведите курсор на маркер.
2. Нажмите правую кнопку мыши на маркере и выберите **Search...**
3. В поле Search Type диалогового окна Marker Search выберите **Peak** / **Peak Left** / **Peak Right** / **Next Peak** соответственно для поиска пика, поиска пика слева, поиска пика справа или поиска следующего пика.
4. Введите значения для **Threshold** и **Excursion**.
5. Нажмите **Execute** или поставьте флажок в поле **Tracking**. Подробнее.

Команды программирования

Пик — это точка измерений, значение в которой больше или меньше значений в соседних точках измерений, расположенных справа и слева. Пики подразделяются на следующие два типа в зависимости от разности в абсолютном значении с точками измерений с обеих сторон от пика.

Что такое пик?

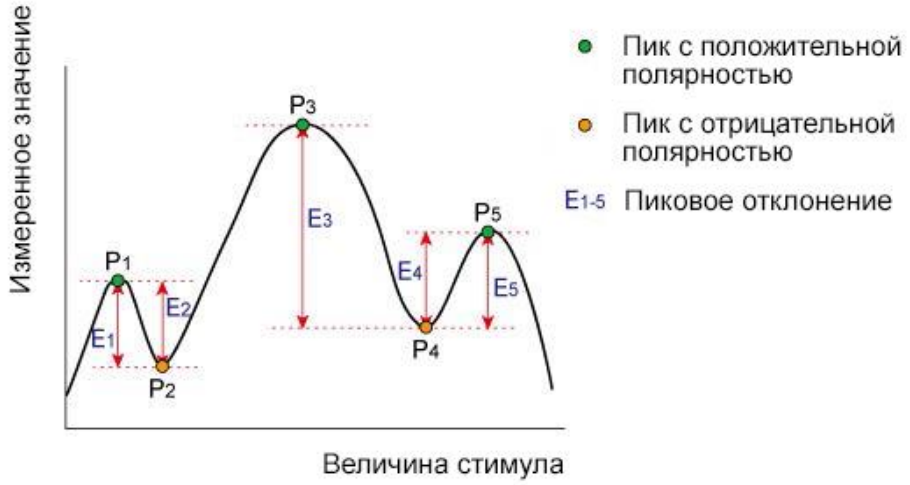
Чтобы задать, что анализатор должен считать за пик, необходимо выбрать следующие два критерия пика:

- **Threshold (Порог):** минимальная амплитуда (дБ). Чтобы считаться действительным, пик должен находиться **выше** порогового уровня. Окрестности по обеим сторонам пика могут находиться ниже порогового уровня.
- **Excursion (Отклонение):** вертикальное расстояние (дБ) между пиком и окрестностями по его обеим сторонам. Чтобы считаться пиком, значения данных должны спадать с пикового значения по обеим сторонам пика на значение отклонения.

Полярность пика:	Определение:
Positive (Положительная)	Пик, у которого измеренное значение больше, чем в точках измерений по обеим сторонам от пика. Обнаружение положительных пиков, у которых значение больше, чем Threshold.
Negative (Отрицательная)	Пик, у которого измеренное значение меньше, чем в точках измерений по обеим сторонам от пика. Обнаружение отрицательных пиков, у которых значение меньше, чем Threshold.
Both (Двойная)	Пик, у которого измеренное значение меньше и больше, чем в точках измерений по обеим сторонам от пика. Если задана двойная полярность, пороговое значение не используется.

Значение пикового отклонения

Значение пикового отклонения представляет собой наименьшее из разности измеренных значений и значений соседних пиков противоположной полярности.



Выполнение поиска пиков

Поиск пиков может осуществляться с помощью следующих трех методов:

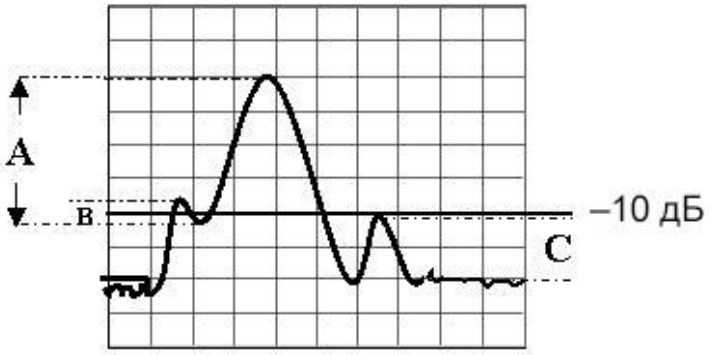
Next Peak (Следующий пик)	Перемещает маркер на максимальный пик, если пик имеет положительную или двойную полярность. Перемещает маркер на минимальный пик, если пик имеет отрицательную полярность.
Peak Left (Пик слева)	Выполняет поиск из текущего положения маркера в сторону **меньших** величин стимула и перемещает маркер на первый обнаруженный пик.
Peak Right (Пик справа)	Выполняет поиск из текущего положения маркера в сторону больших величин стимула и перемещает маркер на первый обнаруженный пик.

Примечание. Поиск пика справа, пика слева и следующего пика не может отслеживаться. Если были выбраны эти виды поиска и затем было включено отслеживание, то отслеживание пиков будет разрешено.

Если в качестве формата данных выбрана диаграмма Смита или формат полярных координат, поиск выполняется для основного значения отклика из двух значений отклика маркера.

При изменении настроек значения пикового отклонения или полярности пика выполняется новый поиск нескольких пиков.

Пример.
Настройка порогового значения: –10 дБ
Настройка отклонения: 1 дБ
Масштаб: 1 дБ/деление
Проводим мышью по графику, чтобы найти действительный пик.



- **Пик A:** действительный пик (выше настроек порогового значения и отклонения)
- **Пик B:** недействительный пик (ниже настройки отклонения)
- **Пик C:** недействительный пик (ниже настройки порогового значения)

Поиск нескольких пиков

Порядок создания поиска нескольких пиков

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки

1. Нажмите **Search** > ***Multi Peak & Target***.
2. Щелкните по **Multi Peak Search**, чтобы отобразить маркеры на нескольких пиках.
3. Щелкните по **Peak Threshold** для ввода порогового значения пика.
4. Щелкните по **Peak Excursion** для ввода минимального значения пикового отклонения.
5. Щелкните по **Peak Polarity** для выбора полярности пика.
6. Также можно щелкнуть по **Tracking** для поиска заданного уровня нескольких пиков в каждом ходе развертки. Подробнее.

С помощью мыши

1. Наведите курсор на маркер.
2. Нажмите правую кнопку мыши на маркере и выберите **Search...**
3. В поле **Search Type** диалогового окна Marker Search выберите **Multi Peak**.
4. Введите значения для **Threshold** и **Excursion**.
5. Нажмите Execute или поставьте флажок в поле Tracking. Подробнее.

Команды программирования

Функция поиска нескольких пиков позволяет отобразить маркеры сразу на нескольких пиках на графиках. В зависимости от количества обнаруженных пиков отображаются маркеры с 1-го по 15-й, начиная с начальной частоты. Опорный маркер остается незатронутым.

В качестве задаваемых пользователем настроек в поиске нескольких пиков используются пороговое значение, отклонение и полярность. Для данного вида поиска может быть включено отслеживание.

При выполнении поиска нескольких пиков предыдущий поиск с помощью маркеров и отслеживание выключаются и используются настройки для поиска нескольких пиков.

Примечание. Не используйте настройки индивидуальных маркеров или области маркеров. Поместите маркеры на каждый действительный пик, используя до 15 маркеров.

Поиск целевой точки

Порядок создания поиска целевой точки

С помощью аппаратной клавиши/ *программной вкладки*/программной кнопки

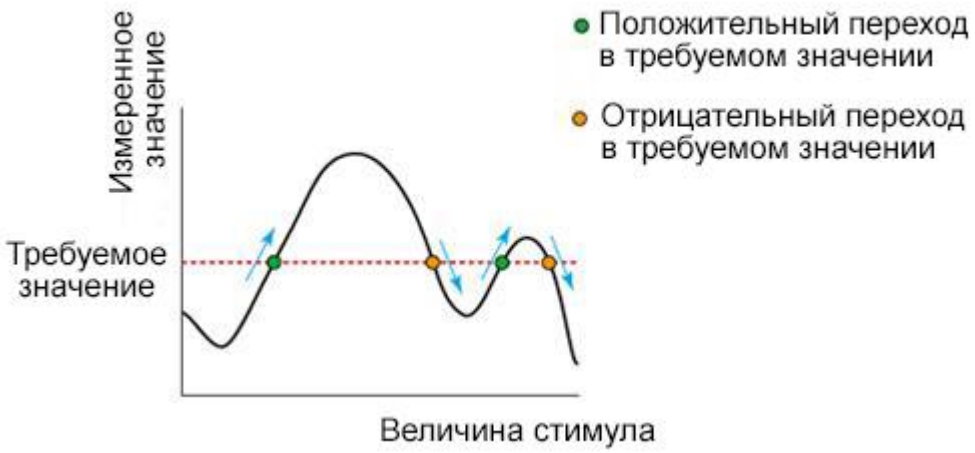
1. Нажмите **Search** > ***Target***.
2. Щелкните по **Target Search**, чтобы разрешить поиск целевой точки.
3. Щелкните по **Target Right >> Search** или **<< Target Left Search** для перемещения маркера в целевую точку.
4. Щелкните по **Target Value** для ввода заданного значения.
5. Щелкните по **Transition** для выбора типа перехода.
6. Также можно щелкнуть по **Tracking** для поиска заданного целевого уровня в каждом ходе развертки. Подробнее.

С помощью мыши

1. Наведите курсор на маркер.
2. Нажмите правую кнопку мыши на маркере и выберите **Search...**
3. В поле **Search Type** диалогового окна Marker Search выберите **Target/Target Left/Target Right** соответственно для поиска целевой точки, поиска целевой точки слева или поиска целевой точки справа.
4. Введите значение для **Target**.
5. Нажмите **Execute** или поставьте флажок в поле **Tracking**. Подробнее.

Команды программирования

Поиск целевой точки — это функция, выполняющая поиск целевой точки, соответствующей предварительно заданному требуемому значению и видам перехода (положительный, отрицательный или комбинированный (положительный и отрицательный)), и затем перемещающая маркер в эту целевую точку.



Типы перехода целевых точек

Целевая точка — это точка на графике с определенным измеренным значением. Как показано ниже, в зависимости от типа перехода целевые точки могут быть разделены на 3 группы.

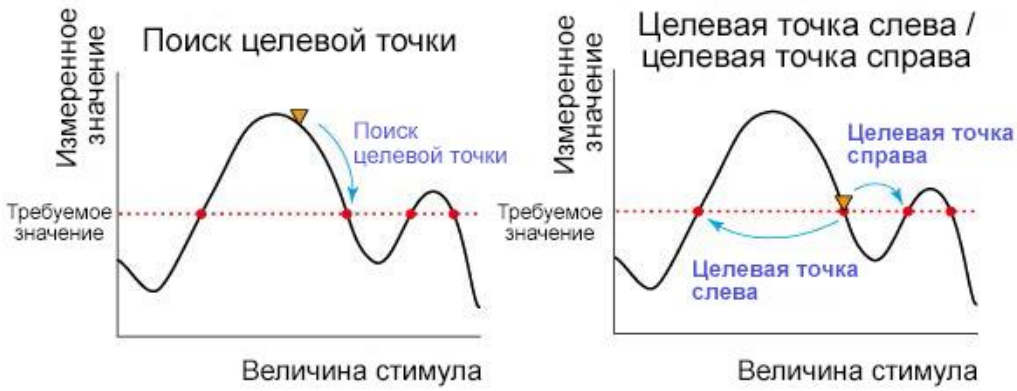
Тип перехода:	Функция:

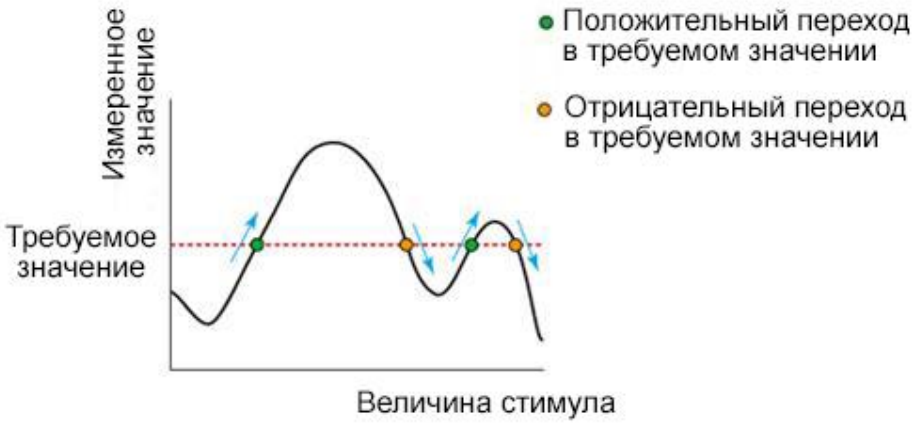
Positive (Положительный)	Значение в целевой точке больше, чем измеренное значение в точке непосредственно перед целевой точкой.
Negative (Отрицательный)	Значение в целевой точке меньше, чем измеренное значение в точке непосредственно перед целевой точкой.
Both (Двойной)	Удовлетворяются условия для положительного или отрицательного перехода.

Выполнение поиска целевой точки

Поиск целевой точки может осуществляться с помощью следующих трех методов:

Target Left (Целевая точка слева)	Выполняет поиск из текущего положения маркера в сторону **меньших** величин стимула и перемещает маркер в первую обнаруженную целевую точку.
Target Right (Целевая точка справа)	Выполняет поиск из текущего положения маркера в сторону **больших** величин стимула и перемещает маркер в первую обнаруженную целевую точку.
Multi Target (Несколько целевых точек)	Выполняет поиск целевых точек, соответствующих значению для поиска нескольких целевых точек и значению перехода для поиска нескольких целевых точек. См. поиск нескольких целевых точек.





Примечание. Для поиска целевой точки справа и целевой точки слева отслеживание не может быть включено. Если был выбран поиск целевой точки справа или целевой точки слева и затем было включено отслеживание, то отслеживание целевых точек будет разрешено.

Если в качестве формата данных выбрана диаграмма Смита или формат полярных координат, поиск выполняется для основного значения отклика из двух значений отклика маркера.

При изменении настроек заданного значения или типа перехода выполняется новый поиск нескольких целевых точек.

Маркер перемещается в первую обнаруженную точку с заданным значением справа от его текущего положения. При последующих нажатиях программной кнопки **Target Search** маркер будет перемещаться в следующую точку с заданным значением справа от его положения. Когда маркер достигнет верхней границы диапазона стимула, он обернется и продолжит поиск с нижней границы диапазона стимула (с левой стороны окна).

- Если настройка **Discrete Marker** установлена на OFF, маркер будет перемещен в интерполированную точку данных, значение в которой равно заданному значению.
- Если настройка **Discrete Marker** установлена на ON и имеются две точки данных с той или иной стороны от целевого значения, маркер будет перемещен в точку данных, ближайшую к целевому значению.

Поиск нескольких целевых точек

Порядок создания поиска пика

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки

1. Нажмите **Search** > ***Multi Peak & Target***.
2. Щелкните по **Multi Target Search**, чтобы отобразить маркеры в нескольких целевых точках.
3. Щелкните по **Target Value** для ввода заданного значения.
4. Щелкните по **Transition** для выбора типа перехода.
5. Также можно щелкнуть по **Tracking** для поиска заданного уровня нескольких целевых точек в каждом ходе развертки. Подробнее.

С помощью мыши

1. Наведите курсор на маркер.
2. Нажмите правую кнопку мыши на маркере и выберите **Search...**
3. В поле **Search Type** диалогового окна Marker Search выберите **Multi Target**.
4. Введите значение для **Target**.
5. Нажмите **Execute** или поставьте флажок в поле **Tracking**. Подробнее.

Команды программирования

Поиск нескольких целевых точек — это функция, выполняющая поиск целевых точек, соответствующих предварительно заданному требуемому значению и видам перехода (положительный, отрицательный или комбинированный (положительный и отрицательный)), и затем отображающая маркеры в этих искомых целевых точках.

В зависимости от количества обнаруженных целевых точек отображаются маркеры с 1-го по 15-й, начиная с начальной частоты. Опорный маркер остается незатронутым.

При выполнении поиска нескольких целевых точек настройки поиска и отслеживания для маркеров с 1-го по 15-й игнорируются, и вместо них используются настройки поиска нескольких целевых точек.

Примечание. Поместите маркеры на каждое обнаруженное заданное значение, используя до 15 маркеров. Опорный маркер остается незатронутым. Не используйте настройки индивидуальных маркеров или области маркеров. Применяется диапазон поиска.

В качестве задаваемых пользователем настроек в поиске нескольких целевых точек используются заданное значение и типы перехода. Для данного вида поиска может быть включено отслеживание. При выполнении данного вида поиска ранее запущенные виды поиска с помощью маркеров выключаются.

Поиск полосы пропускания и режекции сигнала

Характер поведения при поиске полосы пропускания и режекции сигнала зависит от того, задана или нет предпочтительная настройка **Marker: Use single marker for marker search (Маркер: использовать одиночный маркер для поиска с помощью маркеров).** Если эта настройка задана, для поиска с помощью маркеров используется только один маркер. Для поиска полосы пропускания и режекции сигнала отображаются и используются вспомогательные маркеры.

Если эта настройка не задана, для поиска с помощью маркеров используются несколько маркеров. По умолчанию данная настройка не задана.

Порядок создания поиска полосы пропускания и режекции сигнала

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки

1. Нажмите **Search** > ***Bandwidth & Notch***.
2. Щелкните по небольшой кнопке **Bandwidth Search** или **Notch Search** слева, чтобы включить или выключить поиск полосы пропускания или режекции сигнала.
3. Для поиска полосы пропускания нажмите **BW Ref To** > **Marker** или **Peak**.
4. Для поиска режекции сигнала нажмите **Notch Ref To** > **Marker** или **Peak**.
5. Укажите уровень полосы пропускания **BW Level** или уровень режекции сигнала **Notch Level** в дБ относительно пика или ровного участка, где производится измерение полосы пропускания или режекции сигнала.
6. Также можно щелкнуть по **Tracking** для поиска заданного уровня полосы пропускания или режекции сигнала в каждом ходе развертки. Подробнее.

С помощью мыши

1. Наведите курсор на маркер.
2. Нажмите правую кнопку мыши на маркере и выберите **Search...**
3. В поле **Search Type** диалогового окна Marker Search выберите **Bandwidth** или **Notch**.
4. Укажите **уровень** в дБ относительно пика или ровного участка, где производится измерение полосы пропускания или режекции сигнала.
5. Нажмите **Execute** или поставьте флажок в поле **Tracking**. Подробнее.

Команды программирования

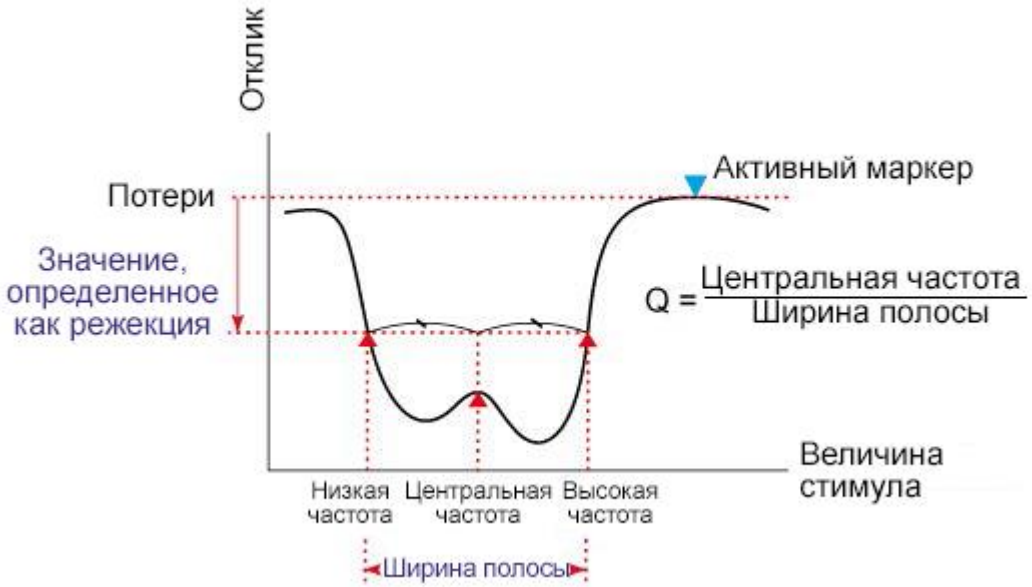
Поиск полосы пропускания

Поиск полосы пропускания — это функция для определения ширины полосы графика, центральной частоты, точек отсечки (со стороны высокой частоты и со стороны низкой частоты), значения Q и вносимых потерь на основании положения активного маркера или маркера пика. Определения параметров, поиск определяемых с помощью поиска полосы пропускания, приведены ниже.

Поиск режекции сигнала

Поиск режекции сигнала — это функция для получения ширины полосы, центральной частоты, точек отсечки (со стороны высокой частоты и со стороны низкой частоты), значения Q и вносимых потерь для графика на основании положения активного маркера или маркера пика. Функция поиска режекции сигнала запускается с левой стороны от положения активного маркера и останавливается, когда будут найдены точки, отвечающие заданным условиям.

На рисунке и в таблице ниже показано определение параметров, получаемых с помощью функции поиска режекции сигнала. Значение режекции сигнала на рисунке ниже должно быть задано пользователем.



Для поиска полосы пропускания и режекции сигнала отображаются следующие значения:

Параметр полосы пропускания/режекции сигнала:	Определение
Полоса пропускания (BW)	Разность между точками отсечки по высокой частоте и низкой частоте (High – Low).
Центральная частота (cent)	Частота в средней точке между точками отсечки по низкой частоте и высокой частоте. (High + Low)/2.
Точка отсечки по низкой частоте (Low)	Меньшая частота в двух точках измерений, расположенных от положения активного маркера на расстоянии, равном определенному значению полосы пропускания / режекции сигнала.
Точка отсечки по высокой частоте (High)	Большая частота в двух точках измерений, расположенных от положения активного маркера на расстоянии, равном определенному значению полосы пропускания / режекции сигнала.
Q	Отношение центральной частоты к полосе пропускания (центральная частота / полоса пропускания).
Вносимые потери (loss)	Измеренное значение в положении, соответствующем центральной частоте, в момент выполнения поиска полосы пропускания / режекции сигнала.

- Поиск полосы пропускания / режекции сигнала может использоваться ТОЛЬКО с форматом отображения логарифмической амплитуды .
- Для использования поиска полосы пропускания на пиках или ровных участках графика помимо максимальных или минимальных значений смените область поиска.

Поиск компрессии

Данная функция использует активный маркер для поиска заданного **уровня компрессии** усиления.

Примечание. Действительно ТОЛЬКО для измерений параметра S21 (усиление) с разверткой мощности.

Порядок создания поиска компрессии

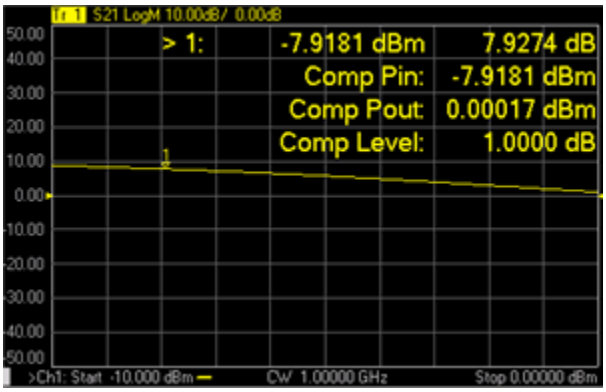
С помощью аппаратной клавиши/ *программной вкладки*/программной кнопки

1. Нажмите **Search** > ***Comp & Sat***.
2. Щелкните по **Compression Search** для включения или выключения.
3. Укажите уровень компрессии **Comp Level** в дБ.
4. Также можно щелкнуть по **Tracking** для поиска заданного уровня компрессии в каждом ходе развертки. Подробнее.

С помощью мыши

1. Наведите курсор на маркер.
2. Нажмите правую кнопку мыши на маркере и выберите **Search...**
3. В поле **Search Type** диалогового окна Marker Search выберите **Compression**.
4. Введите разность по оси Y (Power OUT) между первой точкой и маркером компрессии.
5. Нажмите **Execute** или поставьте флажок в поле **Tracking**. Подробнее.

Линейный коэффициент усиления определяется как значение по оси Y (усиление) в первой точке данных в области поиска (по умолчанию — полный диапазон).



Marker > N (Маркер > N): значение по оси X и значение по оси Y. **Comp Pin (Pin компрессии):** входная мощность (значение маркера по оси X). **Comp Pout (Pout компрессии):** выходная мощность (Pin + усиление).
Comp Level (Уровень компрессии): найденный уровень компрессии.

- Если настройка Discrete установлена на **OFF** (настройка по умолчанию), маркер находит точно указанное значение компрессии, интерполированное между двумя ближайшими точками данных, и рассчитывает значения Comp Pin и Comp Pout для этой точки.
- Маркер может перемещаться из одной фактической точки измерений в другую. Благодаря интерполяции он также может перемещаться в пространстве между точками измерений.
- Если настройка Discrete установлена на **ON** (без интерполяции), маркер остается в точке данных, ближайшей к требуемому уровню компрессии.
- Маркер перемещается только между фактическими точками измерений. В случае если задана определенная величина стимула маркера в виде численного значения, маркер помещается в точку измерений, ближайшую к заданному значению. Маркер, помещенный между интерполированными точками с отключенным дискретным режимом, автоматически переместится в ближайшую точку измерений, когда дискретный режим будет включен.

Comp. Not Found (Компрессия не найдена): данное сообщение отображается, если требуемый уровень компрессии не был найден.

Подробнее о поиске PSAT и PNOP

В тестировании спутниковых сигналов широко применяются измерения компрессии, основанные на графиках зависимости Pout от Pin. В случае усилителей на лампе бегущей волны (TWT) маркеры PSAT определяют нормальную рабочую точку вблизи насыщения, и усилители работают с мощностью, заданной с небольшим ослаблением приблизительно от 0,03 до 0,1 дБ. Для усилителей TWT характерно наложение кривых насыщения, что обеспечивает максимальную выходную мощность.

Для полупроводниковых усилителей мощности (SSPA) насыщение не определено столь же точно, как в предыдущем случае. Как правило, за опорный уровень принимают нормальную рабочую точку, мощность в которой имеет ослабление относительно максимальной мощности приблизительно на 8–10 дБ. В этом случае маркер нормальной рабочей точки заменяет Psat на значения PNOP. Так как параметры ослабления также важны, предусмотрено отображение выходной и входной мощности с ослаблением (PBO Out, PBO in), а также коэффициента усиления при ослаблении (PBO Gain).

Поиск мощности насыщения (PSAT)

Если предпочтительная настройка **Marker: Use single marker for marker search (Маркер: использовать одиночный маркер для поиска с помощью маркеров)** не задана, в данном поиске для быстрого определения параметров мощности насыщения усилителя используются маркеры 1, 2 и 3. Если предпочтительная настройка **Marker: Use single marker for marker search (Маркер: использовать одиночный маркер для поиска с помощью маркеров)** задана, для поиска используется только один маркер с отображением двух условных маркеров. Условные маркеры не могут быть перемещены. Данные маркеры используются только в целях отображения.

Ослабление определяется как точка, выходная мощность в которой достаточно ниже выходной мощности насыщения, чтобы тестируемое устройство имело более линейный характер поведения.

Примечание. Действительно ТОЛЬКО для измерений зависимости выходной мощности от входной мощности.

Порядок выполнения измерений зависимости выходной мощности (ось Y) от входной мощности (ось X)

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки

1. Нажмите **Preset**.
2. Нажмите **Sweep** > ***Main*** > **Sweep Type**.
3. Выберите **Power Sweep**.
4. Нажмите **Trace** > ***Trace Setup*** > **Measure...** и задайте для Trace Meas приемник «B».
5. Соедините вход тестируемого устройства с портом 1.
6. Соедините выход тестируемого устройства с портом 2.

Команды программирования

Порядок создания поиска PSAT	
С помощью аппаратной клавиши/ *программной вкладки*/программной кнопки 1. Нажмите **Search** > ***Comp & Sat***. 2. Щелкните по небольшой кнопке **Saturation Search** слева для включения или выключения. 3. Для **PMax Back-Off** введите разность по оси Y (выходная мощность) между маркером максимальной мощности (3) и маркером ослабления (2). 4. Также можно щелкнуть по **Tracking** для поиска заданного уровня мощности насыщения в каждом ходе развертки. Подробнее.	С помощью мыши 1. Наведите курсор на маркер. 2. Нажмите правую кнопку мыши на маркере и выберите **Search** > **Search...** 3. В поле **Search Type** диалогового окна Marker Search выберите **Power Saturation**. 4. Для **PMax Back-Off** введите разность по оси Y (выходная мощность) между маркером максимальной мощности (3) и маркером ослабления (2). 5. Нажмите **Execute** или поставьте флажок в поле **Tracking**. Подробнее.
Команды программирования	

В данной настройке используются **три** маркера для вычисления и отображения 10 значений.

Три маркера:

- Маркер 1: линейный коэффициент усиления, первая точка данных в ходе развертки.
- Маркер 2: заданное **ослабление** выходной мощности относительно максимальной мощности.
- Маркер 3: максимальная выходная мощность; как правило, последняя точка данных. 9 отображаемых значений:

Параметр	Описание	Основание для расчета
PSat Out	Выходная мощность в точке насыщения.	Значение маркера 2 по оси Y.
PSat In	Входная мощность в точке насыщения.	Значение маркера 2 по оси X.
Gain Sat	Коэффициент усиления в точке насыщения.	Psat Out – Psat In
Comp Sat	Компрессия в точке насыщения.	Gain Sat – Gain Linear
PMax Out	Максимальная выходная мощность.	Значение маркера 3 по оси Y.
PMax In	Входная мощность при максимальной выходной мощности.	Значение маркера 3 по оси X.

Gain Max	Коэффициент усиления при максимальной выходной мощности.	PMax Out – PMax In
Comp Max	Компрессия при максимальной выходной мощности.	Gain Max – Gain Linear
Gain Linear	Линейный коэффициент усиления в первой точке данных.	Значение маркера 1 по оси Y МИНУС значение по оси X.

- **Comp. Not Found (Компрессия не найдена):** данное сообщение отображается, если требуемая точка ослабления не была найдена.
- Если настройка дискретного маркера НЕ выбрана (настройка по умолчанию), три маркера находят интерполированное значение между двумя ближайшими точками данных.
- При выбранной настройке дискретного маркера (БЕЗ интерполяции) три маркера остаются в ближайших точках данных.

Поиск нормальной рабочей точки по мощности (PNOP)

Если предпочтительная настройка **Marker: Use single marker for marker search (Маркер: использовать одиночный маркер для поиска с помощью маркеров)** не задана, в данном поиске для быстрого определения параметров нормальной рабочей точки усилителя используются маркеры 1, 2, 3 и 4. Если предпочтительная настройка **Marker: Use single marker for marker search (Маркер: использовать одиночный маркер для поиска с помощью маркеров)** задана, для поиска используется только один маркер с отображением двух условных маркеров. Условные маркеры не могут быть перемещены. Данные маркеры используются только в целях отображения.

Ослабление определяется как точка, выходная мощность в которой достаточно ниже выходной мощности насыщения, чтобы тестируемое устройство имело более линейный характер поведения.

Нормальная рабочая точка по мощности — это выходная мощность, при которой уровень на входе смещен относительно входной мощности с ослаблением на значение Pin Offset.

Примечание. Действительно ТОЛЬКО для измерений зависимости выходной мощности от входной мощности.

См. раздел «Мощность насыщения», где описан порядок выполнения измерений зависимости выходной мощности (ось Y) от входной мощности (ось X).

Порядок создания поиска PNOP

С помощью аппаратной клавиши/ *программной вкладки*/программной кнопки

1. Нажмите **Search** > ***Normal Op Pt***.
2. Щелкните по небольшой кнопке **Normal OP Search** слева для включения или выключения.
3. Для **Back-Off** введите разность по оси Y (выходная мощность) между маркером максимальной мощности (3) и маркером ослабления (2).
4. Для **Pin Offset** введите разность по оси X (входная мощность) между маркером ослабления (2) и маркером PNOP (4).
5. Также можно щелкнуть по **Tracking** для поиска заданного уровня мощности в нормальной рабочей точке в каждом ходе развертки. Подробнее.

С помощью мыши

1. Наведите курсор на маркер.
2. Нажмите правую кнопку мыши на маркере и выберите **Search** > **Search...**
3. В поле **Search Type** диалогового окна Marker Search выберите **Normal Operating Pt**.
4. Для **Back-Off** введите разность по оси Y (выходная мощность) между маркером максимальной мощности (3) и маркером ослабления (2).
5. Для **Pin Offset** введите разность по оси X (входная мощность) между маркером ослабления (2) и маркером PNOP (4).
6. Нажмите **Execute** или поставьте флажок в поле **Tracking**. Подробнее.

В данной настройке используются **четыре** маркера для вычисления и отображения 12 значений.

Четыре маркера:

- Маркер 1: линейный коэффициент усиления, первая точка данных в ходе развертки.
- Маркер 2: максимальная выходная мощность МИНУС заданное значение **ослабления** (по оси Y) в дБ.
- Маркер 3: максимальная выходная мощность; как правило, последняя точка данных в шаге развертки.
- Маркер 4: значение ослабления по оси X (маркер 2) плюс значение ослабления **Pin Offset** (по оси X) в дБ.

11 отображаемых значений:

Параметр	Описание	Основание для расчета
Pnop Out	Выходная мощность в нормальной рабочей точке по мощности.	Значение маркера 4 по оси Y.
Pnop In	Входная мощность в нормальной рабочей точке по мощности.	Значение маркера 4 по оси X.
Pnop Gain	Коэффициент усиления в нормальной рабочей точке по мощности.	Pnop Out – Pnop In
Pnop Comp	Компрессия в нормальной рабочей точке по мощности.	Pnop Gain – Linear Gain*
PMax Out	Максимальная выходная мощность.	Значение маркера 3 по оси Y.
PMax In	Входная мощность при максимальной выходной мощности.	Значение маркера 3 по оси X.
Gain Max	Коэффициент усиления при максимальной выходной мощности.	PMax Out – PMax In
Comp Max	Компрессия при максимальной выходной мощности.	Gain Max – Linear Gain*
PBO Out	Выходная мощность в точке ослабления.	Значение маркера 2 по оси Y.
PBO In	Входная мощность в точке ослабления.	**Значение маркера 2 по оси X.**
PBO Gain	Коэффициент усиления в точке ослабления.	PBO Out – PBO In

* Linear Gain (линейный коэффициент усиления; не показан): **значение маркера 1 по оси Y МИНУС значение по оси X.**

- **PNOP Not Found (Значение PNOP не найдено)**: данное сообщение отображается, если требуемый уровень ослабления не был найден.
- Если настройка дискретного маркера НЕ выбрана (настройка по умолчанию), каждый из четырех маркеров находит интерполированное значение между двумя ближайшими

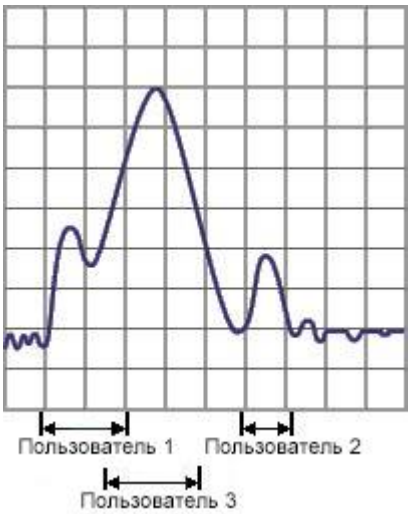
точками данных.

- При выбранной настройке дискретного маркера (БЕЗ интерполяции) каждый из четырех маркеров остается в ближайшей точке данных.

Область поиска

Настройки области поиска ограничивают величину стимула (значения по оси X в ортогональном формате) заданным диапазоном. Задайте начальные и конечные настройки стимула для данных диапазонов **User**. Если начальная настройка превышает конечную, маркер не будет перемещаться. Подробнее о том, как задать область поиска.

- По умолчанию для каждого нового маркера задается область поиска, соответствующая полному диапазону.
- В каждом канале может быть до 16 задаваемых пользователем областей поиска.
- Задаваемые пользователем области поиска могут перекрываться.
- Ту или иную область поиска могут использовать сразу несколько маркеров.
- Настройки области поиска используются совместно с пользовательскими диапазонами статистики графиков.



Примеры областей поиска показаны на следующем графике.

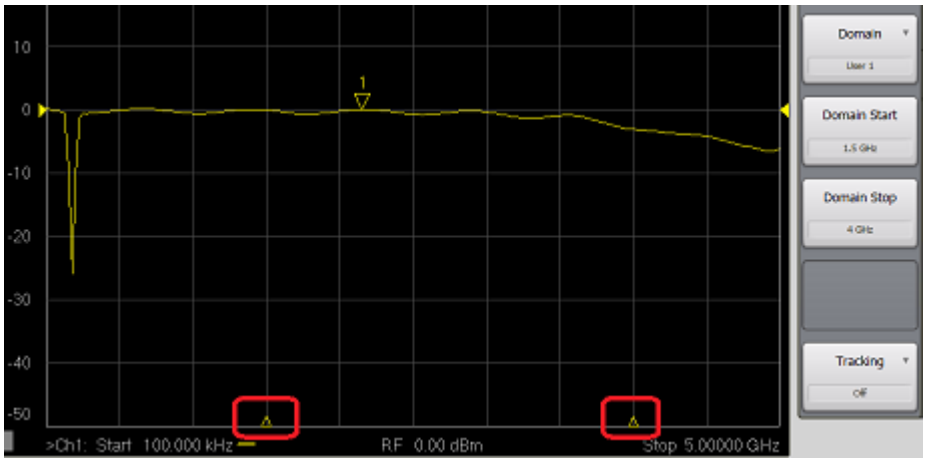
Индикаторы диапазона поиска

Для индикации диапазона поиска используются два небольших контурных треугольника, расположенных на оси X. Несмотря на возможное наличие нескольких диапазонов поиска, используемых различными маркерами, отображается только выбранный в данный момент диапазон поиска для активного маркера. Это правило позволяет избежать загромождения оси X множеством треугольных индикаторов диапазона поиска. Оно применяется, даже когда в окне отображается несколько графиков.

В любой момент времени на координатной сетке отображается только один диапазон поиска. Он соответствует активному графику и активному маркеру. Цвет индикаторов диапазона совпадает с цветом активного графика.

Индикаторы диапазона отображаются автоматически в соответствующих случаях, и они не могут быть выключены. Индикаторы диапазона не могут быть выделены и перетащены с помощью мыши или сенсорного экрана, в результате чего изменилось бы определение

диапазона поиска.



Поиск внутри

Диапазон частот, к которому применено масштабирование, становится диапазоном области поиска **User 16**.

Создается маркер, если его еще нет на графике. Если маркеры уже имеются на графике, к найденному значению перемещается маркер с самым низким значением.

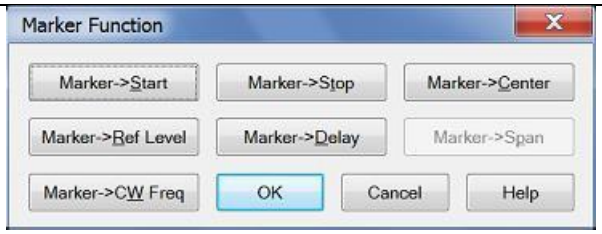
1. Нажав левую кнопку мыши или коснувшись экрана пальцем, проведите мышью или пальцем над частью графика.
2. Отпустите кнопку мыши или поднимите палец с экрана.
3. Выберите **Search Within**.
4. Затем выберите один из следующих вариантов:
   - **Max:** маркер будет перемещен к НАИБОЛЬШЕМУ значению в диапазоне масштабирования.
   - **Min:** маркер будет перемещен к НАИМЕНЬШЕМУ значению в диапазоне масштабирования.
   - **Target:** маркер будет перемещен к первому значению в диапазоне масштабирования, которое в данный момент задано в настройке Target для поиска с помощью маркера. В данном случае применяются те же правила, касающиеся настройки дискретного маркера, что и при стандартном поиске целевой точки с помощью маркеров.

Функции маркеров: изменение настроек прибора

Следующие настройки позволяют изменить соответствующие настройки анализатора VNA с учетом положения активного маркера.

Порядок изменения настроек прибора с помощью маркеров	
С помощью аппаратной клавиши/ *программной вкладки*/программной кнопки 1. Нажмите **Marker** > ***Marker->Functions***.	С помощью мыши 1. Наведите курсор на маркер. 2. Нажмите правую кнопку мыши на маркере и выберите **Functions**. 3. Выберите требуемую функцию поиска. 4. Щелкните по **Function**..., чтобы открыть диалоговое окно Marker Function.

Справка диалогового окна **Marker Function (Функция маркера)**



Примечание. Функции маркеров не работают с каналами, находящимися в режиме развертки с непрерывной волной или сегментированной развертки.

Marker =>Start (Маркер => начальная точка): задает настройку начальной точки развертки равной значению активного маркера. **Marker =>Stop (Маркер => конечная точка):** задает настройку конечной точки развертки равной значению активного маркера. **Marker =>Center (Маркер => центральная точка):** задает настройку центральной точки развертки равной значению активного маркера. **Marker =>Ref Level (Маркер => опорный уровень):** задает опорный уровень экрана равным значению активного маркера.
Marker =>Delay (Маркер => задержка): наклон фазовой характеристики стимула в положении **активного маркера** используется для корректировки длины линии до входа приемника. Это позволяет эффективно спрямить график фазовой характеристики в окрестностях активного маркера. Для устройств без постоянного группового времени запаздывания в измеренном диапазоне частот требуются дополнительные регулировки электрической задержки. Эта функция может использоваться для измерения электрической длины или отклонения от линейной фазовой характеристики.

Данная функция добавляет фазовую задержку в фазочастотную характеристику, поэтому она применима только к изменениям с соотношениями. См. раздел «Параметры измерений».
Marker =>Span (Маркер => размах): устанавливает размах свипирования равным значению, которое определяется дельта-маркером и соответствующим опорным маркером. В отсутствие дельта-маркеров данная функция недоступна.

Marker =>CW Freq (Маркер => частота непрерывных колебаний): **устанавливает частоту непрерывных колебаний равной частоте активного маркера. Данная функция НЕДОСТУПНА, если канал находится в режиме развертки с непрерывной волной или развертки мощности. Используйте данную функцию для того, чтобы сначала установить частоту непрерывной волны на значение, для которого известно, что оно находится в текущем откалиброванном диапазоне, и ЗАТЕМ изменить тип развертки на развертку мощности или развертку с непрерывной волной.**

Marker =>SA (Маркер =>SA): данная функция поддерживается ТОЛЬКО при использовании с классами измерений (каналами) Standard, SMC или Swept IMD. В данном разделе они называются каналами NA.

При маркере, находящемся на графике в канале NA, нажатие кнопки Marker=>SA создает новый канал SA в полном диапазоне частот. На графике с той же частотой, что и у графика в канале NA, создается маркер.

Это позволяет быстро просмотреть спектр частот канала NA на определенной частоте. Подробнее.

Примечание. Некоторые функции маркеров не работают с каналами, находящимися в определенных режимах развертки.

Функция маркера	Тип развертки			
	С линейной/ логарифмической частотой	Сегментированная	Мощности с непрерывной волной	Временная
Start, Stop, Center (Начальная, конечная, центральная точка)	F		S	
Span (Размах)	S		S	
Ref Level (Опорный уровень)	F	S	S	S
Delay (Задержка)	F	S	S	S
CW Freq. (Частота непрерывных колебаний)	S	S		

F: доступно как в классе Standard, так и в классе SMC

S: доступно только в классе Standard

Диалоговое окно Marker Display (Отображение маркеров)

Диалоговое окно Marker Display позволяет настроить отображение маркеров и соответствующих показаний для считывания на экране анализатора VNA. Ряд функциональных возможностей отображения маркеров также применим к экрану статистики.

Порядок изменения настроек отображения маркеров

С помощью аппаратной клавиши/ *программной вкладки*/программной кнопки

1. Нажмите **Marker** > ***Marker Setup*** > **Marker Display...**

ИЛИ

1. Нажмите **Display** > ***Display Settings*** > **Customize Display...**
2. Откройте вкладку **Marker**.

С помощью мыши

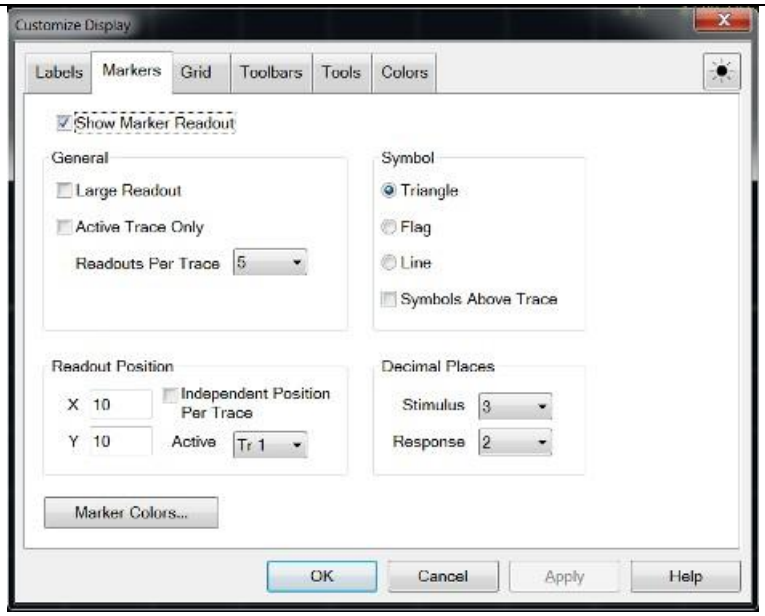
1. Переместите курсор в область данных маркеров в верхнем правом углу координатной сетки.
2. Нажмите правую кнопку мыши на области данных маркеров.
3. Выберите **Marker Display...**

ИЛИ

1. Нажмите правую кнопку мыши на любой области окна.
2. Щелкните по **Customize Display...**
3. Откройте вкладку **Marker**.

Команды программирования

Справка диалогового окна **Customize Display (Настройка экрана)**



Следующие настройки применяются к отображению показаний для считывания у ВСЕХ присутствующих в данный момент на экране маркеров, полос пропускания и данных статистики графика.

Данные настройки обращаются за своими значениями по умолчанию в предварительных настройках, однако в действительности они хранятся в состоянии прибора и пользовательских предварительных настройках.

Show Marker Readout (Выводить показания маркеров для считывания)

Флажок поставлен: показывать информацию для считывания. Флажок снят: НЕ показывать информацию для считывания.

Large Readout (Показания для считывания крупным шрифтом)

Флажок поставлен: использовать для показаний маркеров крупный шрифт для более удобного считывания. Однако при использовании этой функции не все строки данных для считывания могут быть видны.

Флажок снят: использовать для показаний маркеров обычный шрифт.

Active Trace Only (Только активный график)

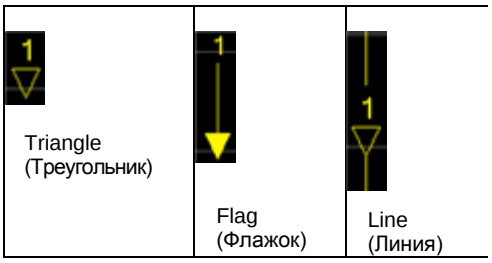
Флажок поставлен: выводить на экран показания маркеров для считывания только для активного графика. Флажок снят: выводить на экран все показания маркеров для считывания.

Readouts Per Trace (Число показаний для считывания на каждом графике)

Выберите число показаний маркеров для считывания, которые будут отображаться в окне для каждого графика. Может быть выбрано до 16 показаний на график и до 20 показаний на окно. Если число имеющихся маркеров превышает заданное число показаний, номера маркеров, для которых отображаются показания, могут быть изменены в зависимости от номера активного маркера. Число показаний для считывания на каждом графике может быть задано независимо для каждого окна.

Symbol (Символ)

Выберите один из следующих символов маркеров:



Символы в виде линии не используются при работе с форматами отображения в виде диаграммы Смита или в полярных координатах. Символы могут быть заданы независимо для каждого окна.

Symbols Above Trace (Символы над графиком)

Флажок снят: над графиком отображается ТОЛЬКО активный маркер. Неактивные маркеры отображаются под графиком.

Флажок поставлен: ВСЕ символы маркеров отображаются над графиком. Активный маркер всегда отображается с заливкой.

Decimal Places (Число знаков после запятой)

Выберите разрешение, с которым будут отображаться показания маркеров для считывания. Данные значения также применяются к показаниям, которые отображаются в таблице маркеров. Число знаков после запятой может быть задано независимо для каждого окна.

Stimulus (Стимул) (ось X): выберите от **2** до **6** знаков после запятой. Значение по умолчанию равно 3.

Response (Отклик) (ось Y): выберите от **1** до **4** знаков после запятой. Значение по умолчанию равно 2.

Readout Position (Положение показаний для считывания)

Выберите, где будут находиться показания маркеров для считывания. Они выравниваются по правому краю в указанном положении по оси X и оси Y. Положение по умолчанию (10.0, 10.0) соответствует верхнему правому углу координатной сетки. Положение (1.0, 1.0) соответствует нижнему левому углу координатной сетки. Положение показаний для считывания также может быть задано независимо для каждого окна.

Примечание. Положение показаний для считывания также можно изменить с помощью мыши, нажав левую кнопку на верхнем показании и перетащив его в новое положение.

Marker Colors (Цвета маркеров): нажмите, чтобы открыть диалоговое окно Display Colors (Цвета для отображения), в котором будут доступны только цвета, используемые для маркеров.

Таблица маркеров

Вы можете отобразить таблицу, содержащую сводные данные по маркерам для активного графика. Эти данные отображаются в заданном формате для каждого маркера.

Порядок просмотра таблицы маркеров

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки

1. Нажмите **Marker** > ***Marker Setup*** > **Marker Table**.

Команды программирования

Математические операции и операции с памятью

По сравнению с графиком, сохраненным в памяти, на активном графике можно выполнять четыре типа математических операций. Кроме того, на активном графике можно рассчитывать и отображать три статистических параметра (среднее значение, стандартное отклонение и значение полной амплитуды).

- Математические операции с графиком
- Статистика графика

Примечание. Математические операции с графиком (описанные далее) позволяют быстро применять одну из четырех математических операций, используя графики в памяти. Редактор формул позволяет создавать собственные выражения с использованием нескольких видов графиков из одного или нескольких каналов.

Другие темы по анализу данных

Математические операции с графиком

Для выполнения любых математических операций необходимо сначала сохранить график в памяти. Для отображения графика из памяти могут использоваться опции просмотра.

Математические операции с графиками выполняются на комплексных данных до их форматирования для отображения.

При просмотре графика из памяти могут использоваться маркеры.

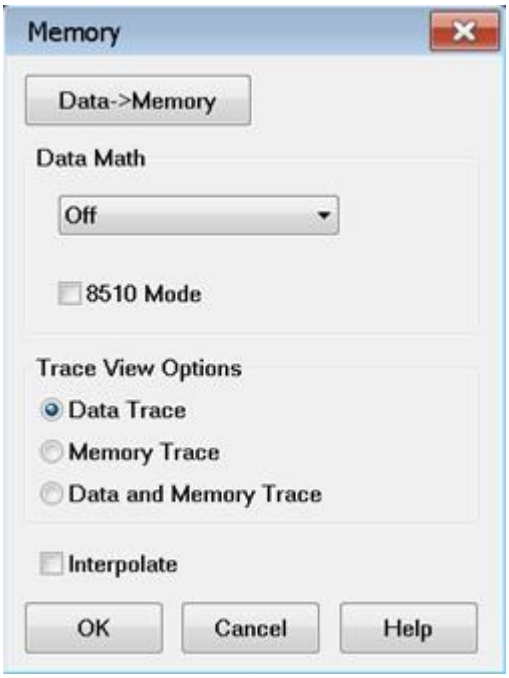
Порядок выбора математических операций с графиком

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки	С помощью мыши
1. Нажмите **Math** > ***Memory***.	1. Щелкните правой кнопкой мыши в любой части области статуса графика над координатной сеткой. 2. Выберите пункт **Memory...**

Функция **Normalize (Нормализовать),** доступная только из меню Memory (но не из диалогового окна Math / Memory), выполняет те же действия, которые выполняются при нажатии **Data=>Memory** и затем **Data / Memory.**

Команды программирования

Справка диалогового окна **Math / Memory** (Математические операции/операции с памятью)



Функция Normalize **(Нормализовать), доступная только из меню Memory (но не из диалогового окна Math / Memory), выполняет те же действия, которые выполняются при нажатии** Data=>Memory **и затем** Data / Memory.

Data=>Memory (Данные => Память): нажмите, чтобы загрузить активный график данных в память. Для каждого отображаемого графика в памяти может быть сохранен один график.

Примечание. К графикам, хранящимся в памяти, НЕ могут применяться многие функции VNA. Например, НЕдоступно сохранение графиков из памяти в файлах любого типа (PRN, SNP, CTI, CSV, MDF). Однако графики из памяти могут быть восстановлены до графика данных с помощью утилиты **Memory-to-Data**, которую можно получить по ссылке: na.support.keysight.com/pna/apps/applications.htm.

Data Math (Математическая обработка данных)

Все математические операции выполняются на линейных (реальных и мнимых) данных до их форматирования.

Data или OFF (Данные или Выкл.): математические операции не выполняются.

Data / Memory (Данные / память): данные текущего измерения делятся на данные из памяти. Используется для относительного сравнения двух графиков, например измеренного усиления или затухания. Подробнее

Data – Memory (Данные – память): данные из памяти вычитаются из данных текущего измерения. Эту функцию можно использовать, например, для хранения измеренного вектора погрешности и последующего вычитания этой погрешности из результатов измерений испытуемого устройства. Подробнее

Data + Memory (Данные + память): данные из памяти суммируются с данными текущего измерения. Подробнее.

Data * Memory (Данные * память): данные из памяти умножаются на данные текущего измерения. Подробнее.

8510 Mode (Режим 8510): подробнее. Trace View Options (Опции просмотра графика)

Data Trace (График данных): отображение ТОЛЬКО графика данных (с применением выбранной математической операции).

Memory Trace (График из памяти): отображение ТОЛЬКО графика, сохраненного в памяти.

Data and Memory Trace (График данных и график из памяти): отображение графика данных (с применением выбранной математической операции) и графика, сохраненного в памяти.

Interpolate (Интерполировать)

Примечание. E5080A и M9485A не поддерживают эту функцию.

После выполнения операции Data->Memory интерполяция памяти определяет, будет ли выполняться интерполяция данных в памяти при последующем изменении начальной частоты, конечной частоты или количества точек. С помощью управления через графический интерфейс пользователя интерполяция применяется к измерению, активному в данный момент. При использовании удаленных интерфейсов (SCPI или COM) команды применяются к указанному измерению.

Примечание. Функция интерполяции не поддерживает режим 8510.

После применения предварительной настройки, создания нового графика или закрытия приложения PNA анализатор PNA возвратится к настройкам интерполяции по умолчанию. Настройки интерполяции по умолчанию задаются в диалоговом окне Preferences путем снятия или установки флажка для предпочтительной настройки **Memory:** . **Interpolate ON is the default condition (Память: интерполяция включена — предпочтение по умолчанию)** Заводская настройка по умолчанию — флажок снят. Настройку по умолчанию также можно задать с помощью удаленных интерфейсов (SCPI или COM).

☐ Если флажок снят, то после выполнения операции Data->Memory положение графика, сохраненного в памяти, в осях x-y при последующем изменении начальной или конечной частоты не меняется. Кроме того, если после выполнения операции Data-> Memory изменится количество точек в развертке, график в памяти станет недействительным и исчезнет с экрана. Если в процессе использования математических операций с данными изменится количество точек, график в памяти станет недействительным, и математические операции с данными будут принудительно отключены.

☑ Если флажок установлен, то после выполнения операции Data->Memory положение точек графика в памяти в осях x-y при последующем изменении начальной или конечной частоты будет интерполироваться. Кроме того, если после выполнения операции Data->Memory изменится количество точек в развертке, график в памяти будет интерполирован.

Примечание. PNA не выполняет экстраполяцию испытательного сигнала за пределами диапазона, который был задан на момент выполнения операции Data->Memory. Вместо этого данные в памяти станут недействительными, если значение испытательного сигнала выйдет за пределы исходного диапазона.

Примечание. Если в поле Interpolate установлен флажок (интерполяция включена) и условия испытательного сигнала отличаются от тех, что имели место во время выполнения операции Data->Memory, снятие этого флажка приводит либо к обновлению данных в памяти (с использованием как исходных, так и текущих настроек испытательного сигнала), либо к тому, что они становятся недействительными (если после выполнения операции Data->Memory изменилось количество точек). График в памяти остается отключенным либо до установки флажка для Interpolate, либо до восстановления настроек испытательного сигнала, соответствующих тем, которые были во время операции Data->Memory.

Подробнее о математических операциях с графиками (прокрутите вверх)

Операции Data / Memory и Data – Memory

Математические операции Data / Memory и Data – Memory выполняются на линейных данных до их форматирования. Поскольку данные часто просматриваются в логарифмическом формате, не всегда ясно, какую из этих математических операций следует применять. Помните: деление линейных данных равнозначно вычитанию логарифмических данных. Далее в общих чертах описано, когда следует использовать ту или иную операцию.

Data / Memory используется в целях нормализации, например при сравнении графиков S21 до изменения и после, а также для измерения зашумленности трассы.

В следующей таблице значения Data/Mem интуитивно отображают разницу между графиками. При этом не очевидно, что показывают результаты применения операции Data–Mem.

Значения S21 для сравнения	Data/Mem	Data–Mem

0,5 и 0,6 дБ	**0,1 дБ**	**-39 дБ**
0,5 и 0,7 дБ	**0,2 дБ**	**-33 дБ**

Используйте операцию **Data – Memory** для отображения относительной разности двух сигналов. Используйте для сравнения очень слабых сигналов, например результатов измерений S11 для согласования двух соединителей.

В следующей таблице результаты операции Data/Mem показывают для обеих пар соединителей одинаковую разность в 2 дБ. Однако вторая пара соединителей имеет гораздо лучшие характеристики S11 (–50 и –52), что показывает их относительная величина в графе с результатами операции Data–Mem.

Значения S11 для сравнения	Data/Mem	Data–Mem
-10 и -12 дБ	**2 дБ**	**-24 дБ**
-50 и -52 дБ	**2 дБ**	**-64 дБ**

Операции Data * Memory и Data + Memory

Используйте функции **Data * Memory и Data + Memory** для выполнения математических операций на активном графике, используя данные из своих формул и алгоритмов, а не данные измерений. Например, если требуется смоделировать коэффициент усиления теоретического усилителя, включенного последовательно перед испытуемым устройством, можно сделать следующее:

1. Разработайте алгоритм, характеризующий частотную характеристику теоретического усилителя.
2. Введите пары комплексных данных, соответствующие количеству точек данных для вашего графика.
3. Загрузите пары данных в память с помощью команд SCPI или COM. Анализатор расставляет комплексные пары в соответствии со значениями испытательного сигнала в фактических точках измерения.
4. Используйте функцию **data + memory** или **data * memory**, чтобы выполнить суммирование или умножение данных частотной характеристики и результатов измерений из активного графика.

Примечание. Прежде чем загружать данные из памяти, необходимо настроить график данных.

Статистика графика

Для активного графика можно рассчитывать и отображать статистические показатели. Они включают:

- Среднее значение
- Стандартное отклонение
- Значения полной амплитуды

Статистические показатели можно рассчитывать для полного диапазона испытательного сигнала или для его части, используя пользовательские диапазоны.

Может быть задано до 16 пользовательских диапазонов на канал. Эти пользовательские диапазоны идентичны области поиска, заданной для поиска с помощью маркеров в этом же

канале. Они используют те же регистры памяти и, соответственно, те же диапазоны испытательного сигнала.

Допускается перекрытие пользовательских диапазонов в канале.

Наиболее удобно использовать статистические показатели графика для поиска полной амплитуды неравномерности в полосе пропускания без отдельного поиска максимального и минимального значений.

Статистические показатели графика рассчитываются на основании формата, используемого для отображения данных.

- Форматы данных в прямоугольных координатах рассчитываются по скалярным данным, представленным на дисплее
- Форматы полярных координат или диаграммы Смита рассчитываются по данным, отображаемым в формате логарифмической амплитуды.

См. раздел «Порядок настройки отображения статистики графика».

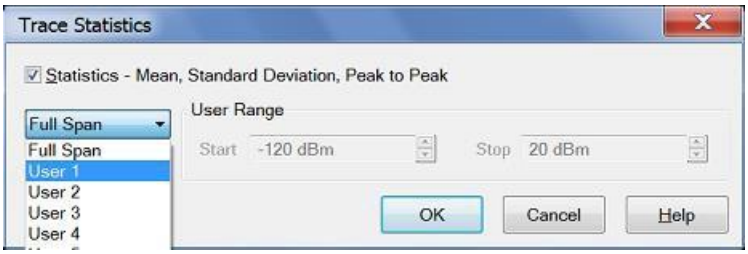
Как активировать статистику графика

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки

1. Нажмите **Math** > ***Analysis*** > **Statistics...**

Команды программирования

Справка диалогового окна **Trace Statistics** (**Статистика графика)**



См. раздел «Порядок настройки отображения статистики графика».

Statistics (Статистика): поставьте этот флажок, чтобы отображать среднее значение, стандартное отклонение и полную амплитуду для активного графика.

Span (Диапазон): задает диапазон активного графика, в котором собираются данные для математической обработки. Можно выбрать полный диапазон или задать до 16 пользовательских диапазонов на канал с начальной (Start) и конечной (Stop) точками. Кроме того, пользовательские диапазоны можно задавать с помощью селектора временной области Search Domain в диалоговом окне Marker Search.

Start (Начальная точка): определяет начало пользовательского диапазона.

Stop (Конечная точка): определяет конец пользовательского диапазона.

Подробнее о статистике графиков (прокрутите вверх).

Редактор формул

Редактор формул позволяет вводить алгебраические выражения для выполнения математических операций с результатами измерений. Результаты отображаются в виде графика данных. В формулах могут использоваться данные как из одного, так и из разных каналов.

- Общие сведения
- Запуск редактора формул
- Работа с редактором формул
- Данные, используемые в редакторе формул
- Настройки графика, коррекция погрешностей и пример
- Функции и константы
- Операторы, используемые в редакторе формул
- Примеры формул
- Сохранение данных редактора формул

См. также

Использование графиков мощности шума в редакторе формул

Другие темы по анализу данных

Общие сведения

Редактор формул позволяет вводить алгебраические выражения, состоящие из стандартных математических операторов и функций, ссылающиеся на данные, имеющиеся в анализаторе. После ввода и активации действительного выражения индикация активного графика заменяется результатами расчета по введенной формуле, которая обновляется в режиме реального времени по мере поступления новых данных. Для выражений, которые можно записать с помощью функций, операторов и данных, поддерживаемых редактором формул, не требуется офлайн-обработка с помощью специальных программ.

Например, введите выражение S21 / (1 – S11). Результирующий график рассчитывается как значение каждой точки данных S21, деленное на единицу, минус соответствующее значение точки данных S11. При настройке развертки по 201-й точке вычисления повторяются 201 раз, по одному разу для каждой точки.

В качестве другого примера допустим, что нам требуется, чтобы анализатор выполнил измерение направленности 3-портового испытуемого устройства. Хотя этот вид измерений не заложен в систему, он может быть реализован с помощью редактора формул. Требуемый результат является суммой и разностью графиков, преобразованных в формат амплитуды в логарифмических координатах, и может быть описан следующим выражением: S12 + S23 – S13.

Поскольку редактор формул использует **комплексные данные без форматирования**, требуемое выражение будет иметь вид:

DIR = S12 * S23 / S13

DIR отображается на экране в виде метки, помогающей идентифицировать график данных, полученный расчетом.

На графике уравнения задайте формат амплитуды в логарифмических координатах.

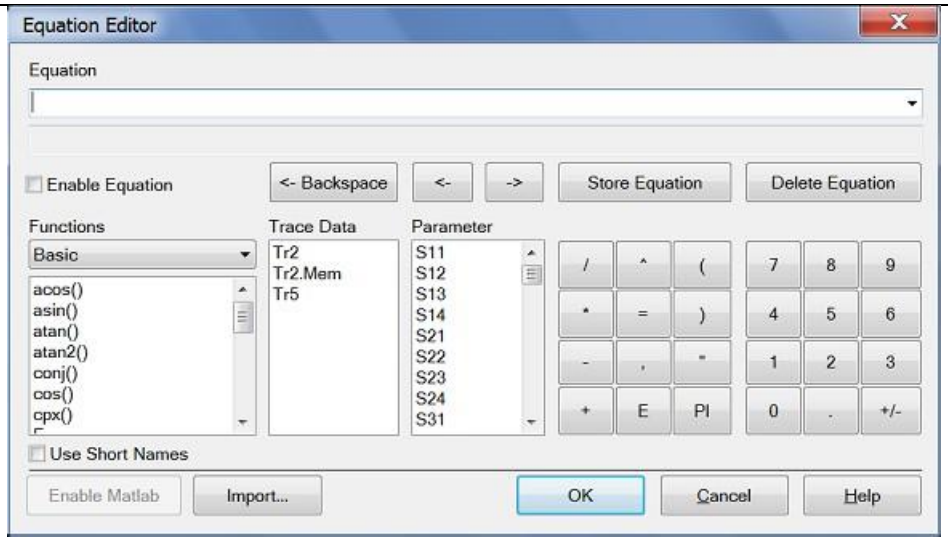
Запуск редактора формул

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки

1. Нажмите **Math** > ***Analysis*** > **Equation Editor**.

Команды программирования

Справка диалогового окна **Equation Editor (Редактор формул)**



Примечания.

- Чтобы составить выражение, **сделайте двойной щелчок кнопкой мыши** или введите с клавиатуры требуемые функции, операторы и данные.
- Прокрутите вниз, чтобы получить более подробные сведения об использовании редактора формул.

Equation (Формула): поле, в котором составляются математические выражения. Щелкните по стрелке вниз, находящейся справа, чтобы использовать или изменить ранее сохраненные формулы. Здесь же нажатием кнопки Store Equation (Сохранить формулу) осуществляется сохранение формул.

Enabled (Включено): поставьте этот флажок, чтобы активировать текущую формулу из поля Equation. Если поле Enabled неактивно, значит, введенное выражение недействительно (неверно). Если используется график данных из канала, отличного от графика для формулы, эти каналы ДОЛЖНЫ иметь одно и то же количество точек данных, чтобы выражение было верным.

<-Backspace (Удалить): нажмите, чтобы переместить курсор влево с удалением символов.

<-: нажмите, чтобы переместить курсор влево без удаления символов.

->: нажмите, чтобы переместить курсор вправо без удаления символов.

Store Equation (Сохранить формулу): нажмите, чтобы сохранить текущую формулу. Чтобы вызвать эту формулу в дальнейшем, щелкните по стрелке вниз, находящейся справа от формулы.

Delete Equation (Удалить формулу): нажмите, чтобы удалить текущую формулу из раскрывающегося списка.

Functions/Constants (Функции/константы): см. описания функций.

Выберите библиотеку функций для просмотра. По умолчанию отображается встроенная библиотека, включающая в себя стандартные функции редактора формул. Здесь также могут отображаться функции, созданные или импортированные пользователем.

Операторы: см. описания операторов.

Trace Data (Данные графика): данное поле для выбора содержит ВСЕ графики, **отображаемые в настоящий момент** во ВСЕХ каналах.

Parameter (Параметр): данное поле для выбора содержит **неотображаемые** данные, доступные ТОЛЬКО из активного канала (того же канала, в котором находится график формулы). См. раздел «Данные, используемые в формулах».

Примечание. При включенной внешней измерительной установке в список включаются только параметры, относящиеся к портам 1–4. Однако все доступные параметры можно ввести с клавиатуры непосредственно в поле **Equation**.

Клавиатура: позволяет осуществлять навигацию по всему диалоговому окну с помощью мыши.

Import... (Импорт): нажмите, чтобы открыть диалоговое окно Import Functions (Импорт функций).

Use Short Names (Использовать короткие имена): некоторые функции имеют сокращенные имена, которые вводятся автоматически, если установлен данный флажок. Длинные и короткие имена взаимозаменяемы.

Enable Matlab (Подключить Matlab): функция доступна, если на вашем анализаторе установлена полная версия MATLAB.

Работа с редактором формул

1. Выберите график, для которого требуется ввести формулу

- Редактор формул работает с активным графиком.
- Создайте новый график или нажмите кнопку Trace Status на существующем графике, чтобы сделать его активным.

2. Введите формулу

Запустите редактор формул. Как это сделать.

- Текст формулы может представлять собой выражение (S21)/(1-S11) или уравнение (DIR = S12 * S23 / S13). В данной теме рассматриваются формулы обоих типов.
- Введите с клавиатуры или двойным щелчком мыши функции, операторы и данные для составления формулы.
- Функции и константы ЧУВСТВИТЕЛЬНЫ к регистру, имена данных — НЕ чувствительны.
- Подробнее о ссылках на графики данных.

3. Проверьте действительность формулы

После ввода действительной формулы становится доступным поле Enabled. При поставленном флажке в поле Enabled:

- График формулы становится расчетными данными.
- Формула отображается в статусе графика (приблизительно до 10 символов).
- Формула отображается в области заголовка графика (приблизительно до 45 символов), если график формулы активен.
- Формула отображается в строке состояния в нижней части экрана. Она обновляется только после ввода формулы и нажатия кнопки Trace Status.
- Если формула НЕДЕЙСТВИТЕЛЬНА и используется график из другого канала, убедитесь, что количество точек данных одинаково для обоих каналов.

Подробнее о функциях, операторах и данных, используемых в редакторе формул.

Данные, используемые в редакторе формул

Определения

- **График формулы:** график, в который помещена формула.
- **Ссылочный график:** график, используемый в качестве источника данных в формуле.

Пример: eq=Tr2+S11 вводится в **Tr1**. **Tr1**

становится графиком формулы.

Tr2 и **S11** являются ссылочными графиками, поскольку они используются в графике формулы.

Примечания.

- Ссылочные графики обрабатываются по одной точке данных за одну итерацию. Например, выражение S11/S21 означает, что для каждой точки данных в S11 и S21 выполняется деление точки N из S11 на точку N из S21.
- После активации формулы график больше не идентифицируется по его исходным параметрам измерения. Он становится графиком формулы.
- График уравнения НЕ может ссылаться сам на себя. Например, уравнение в Tr1 не может ссылаться на график Tr1.
- Ссылочные графики можно выбирать из S-параметров, данных приемника и графиков, сохраненных в памяти.
- См. примечание относительно внешних измерительных установок.
- См. раздел «Использование графиков мощности шума в редакторе формул».

Ссылаться на графики можно тремя способами:

Нижеприведенное отличие важно при обсуждении трех способов ссылки на графики/данные.

- **График:** последовательный набор точек данных, отображаемых на экране.
- **Данные:** результаты измерений с помощью анализатора, которые были собраны, но не отображены на экране. Если график формулы ссылается на данные, которые не отображены, анализатор автоматически производит сбор этих данных.

1. Использование обозначения графика TrX **(например, Tr2).**

При создании графика установите флажок Show Tr Annotation (Показывать обозначение Tr), чтобы видеть номер **Tr** данного графика.

- **Простота:** ВСЕГДА относится к отображаемым графикам.
- Должно использоваться для ссылок на графики в других каналах, как на графики формул.
- Все настройки графиков сохраняются и в графике формулы. Если вы НЕ хотите использовать настройки графиков в графике формулы, их необходимо отключить в ссылочном графике.
- Если к ссылочному графику применяется коррекция погрешностей, то эти данные в графике формулы будут скорректированными.
- Используется для ссылки на график в памяти (который уже должен быть сохранен в памяти). Добавляется .MEM к идентификатору графика **TrX**. Например, **Tr2.mem** ссылается на график в памяти, сохраненный для Tr2.

2. Использование обозначения S-параметра **(например, S11/S21)**

- **Удобство:** ВСЕГДА ссылается на НЕотображаемые данные.
- Ссылается на данные, находящиеся в одном канале с формулой.
- Это НЕ то же самое, что и ссылка на отображаемый график S11 с использованием обозначения **TrX**. См. пример.
    - Ссылочные данные НЕ включают настройки графика.
    - Если к каналу применяется коррекция, редактор формул отслеживает, в каком канале осуществляется попытка использовать скорректированные данные параметра, независимо от того, включена ли коррекция для данного измерения или нет. При отсутствии скорректированных данных используются необработанные данные. Обозначение TrX всегда игнорирует состояние корректировки.

3. Использование обозначения приемника **(например, AB_2); НЕ чувствительно к регистру.**

Требуется как минимум один приемник, за именем которого следует нижнее подчеркивание и номер.

- **Буквы** перед подчеркиванием обозначают приемники.
    - Отдельные буквы обозначают физические приемники.
    - Буквы, сразу за которыми следуют цифры, обозначают логические приемники. Подробнее.
    - При ссылке на два приемника к ним применяются соотношения.
- **Число** после подчеркивания соответствует порту источника для измерений.

Примеры:

- AR1_2 = физический приемник A / физический приемник R1 с поротом источника 2.
- a3b4_1 = опорный приемник для порта 3 / приемник измерительного порта для порта 4 с портом источника 1.

Подробнее об измерениях приемников с соотношениями и без.

Обозначение приемников и обозначение S-параметров похожи в следующем:

- Ссылаются на данные, которые НЕ отображаются, и находятся в одном канале с формулой.
- Ссылочные данные НЕ включают настройки графика.
- Если к каналу применяется коррекция, редактор формул отслеживает, в каком канале осуществляется попытка использовать скорректированные данные параметра, независимо от того, включена ли коррекция для данного измерения или нет. При отсутствии скорректированных данных используются необработанные данные. Обозначение TrX всегда игнорирует состояние корректировки.

Ссылки на графики в другом канале

Если график формулы ссылается на график в другом канале:

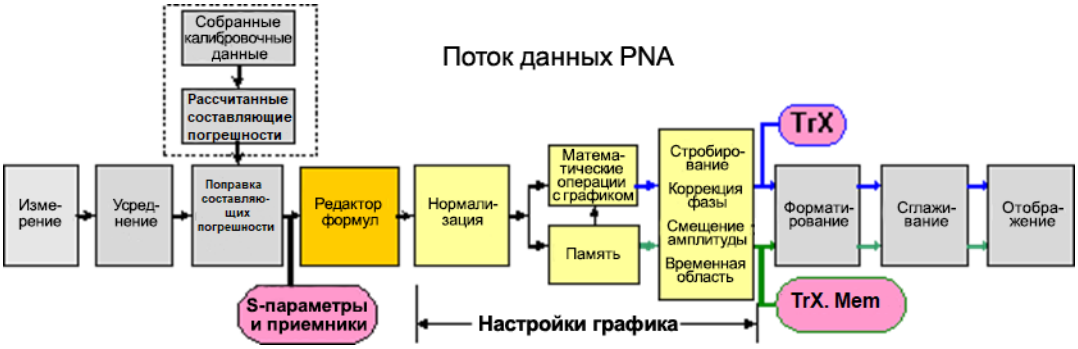
- График уже должен быть выведен на экран.
- Должен ссылаться на график с использованием обозначения **TrX**.
- График формулы и ссылочный график ДОЛЖНЫ иметь одинаковое количество точек данных, в противном случае поле Enable будет недоступно.
- График формулы обновляется при получении последних ссылочных данных в том же канале сбора данных. Поэтому во избежание использования устаревших данных график формулы должен находиться в канале с большим номером, чем ссылочный график. Это объясняется тем, что анализатор получает данные в порядке увеличения номеров каналов — сначала из канала 1, затем из канала 2 и т. д. Если график формулы находится в канале 1 и ссылается на график в канале 2, график формулы обновится после окончания сканирования канала 1, используя старые данные для графика канала 2.

Расширения портов и редактор формул

При использовании вместе с формулами расширений портов включите удаление влияния измерительной оснастки, чтобы обеспечить правильное применение расширений портов в скрытых параметрах. Подробнее

Настройки графика, коррекция погрешностей и пример

В данном разделе рассмотрены отличия между использованием обозначений **S-параметров/приемников** и обозначений **TrX** при ссылках на графики. Для понимания отличий важно уяснить, что обозначения **S-параметров/приемников** ВСЕГДА относятся к данным, которые НЕ отображаются.



- Настройки графика: нормализация, математические операции с графиком, стробирование, смещение фазы и амплитуды, электрическая задержка, временная область.
- Обработка **редактором уравнений** происходит на **графике формулы** непосредственно после коррекции погрешностей.
- **Ссылочные данные/график** (используются в формуле) берутся из следующих источников:
  - При использовании обозначения **TrX** данные принимаются непосредственно перед форматированием. Эти графики отображаются всегда и включают настройки графиков.
  - При использовании обозначений **S-параметров/приемников** данные принимаются непосредственно после коррекции погрешностей. Эти данные НЕ отображаются и **НЕ включают** настройки графиков (см. пример).

Коррекция погрешностей и редактор формул

При использовании обозначений **TrX**:

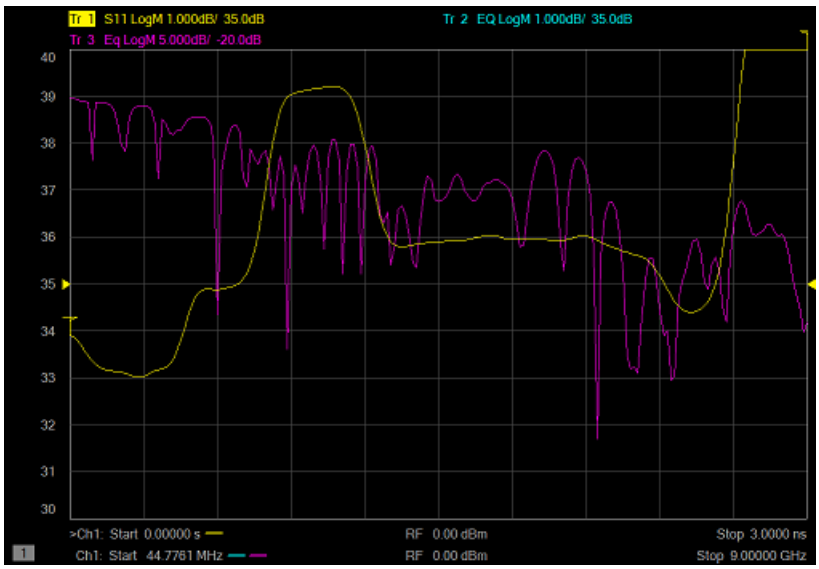
- Настройки графика и коррекция погрешностей ссылочного графика используются в графике формулы.
- Если коррекция погрешностей НЕ включена, в графике формулы используются нескорректированные необработанные данные.
- Чтобы проверить, включена ли коррекция погрешностей, активируйте график и проверьте уровень коррекции в строке состояния.
- Включение и выключение коррекции погрешностей в графике формулы не оказывает никакого влияния. Уровень корректировки в формуле ВСЕГДА определяется ссылочными данными, используемыми в ней.

При использовании обозначений **S-параметров** и **приемников**:

- Поскольку данные не отображаются, в графике уравнения НЕ используются никакие настройки графиков.
- Если к каналу применяется коррекция, редактор формул отслеживает, в каком канале осуществляется попытка использовать скорректированные данные параметра, независимо от того, включена ли коррекция для данного измерения или нет. При отсутствии скорректированных данных используются необработанные данные. Обозначение TrX всегда игнорирует состояние корректировки.
- При использовании обозначений S-параметров и приемников для ссылки на график в канале, откалиброванном с помощью калибровки характеристики отклика или калибровки приемника, коррекция НЕ может быть включена, даже если в строке состояния отображается обратное. Пример: Tr1 — измерение S11 с калибровкой характеристики отклика. Tr2 — график формулы, ссылающийся на S11. График формулы Tr2 НЕ будет скорректирован, даже если в строке состояния отображается обратное. Однако если Tr2 ссылается на Tr1 (а не на S11), коррекция будет применяться к графику формулы Tr2.

Пример

Этот пример иллюстрирует отличия между ссылками на графики с использованием обозначений **S-параметров** и обозначений **TrX**:



- Tr1 — это измерение S11 без формулы, с включенной 2-портовой коррекцией и включенным преобразованием во временной области.
- Tr2 — график формулы, ссылающийся на Tr1. Tr2 скорректирован, поскольку скорректирован Tr1. Tr2 преобразован, поскольку преобразован Tr1. Если преобразование для Tr2 включено, данные будут преобразованы ВНОВЬ, что приведет к появлению необычных данных.
- Tr3 — график формулы, ссылающийся на **S11**. Это НЕ то же самое, что ссылка на Tr1. График S11, на который осуществляется ссылка, это другой экземпляр S11, который НЕ отображается и НЕ имеет настроек графика. Обратите внимание, что данные Tr3 НЕ преобразованы, хотя данные Tr1 преобразованы. Коррекцию для Tr3 можно включать и отключать, поскольку была выполнена калибровка на канале, в котором находится график S11.
- **Примечание.** Аннотация по оси X графика формулы полностью независима от вида представляемых данных. Используются ТОЛЬКО **значения данных** из ссылочного графика. Например, обратите внимание, что на графике формулы Tr2 по оси X откладывается частота, хотя на ссылочном графике Tr1 по ней откладывается время.

Функции и константы, используемые в редакторе формул

ВСЕ данные графиков, используемые в редакторе формул, представляют собой комплексные данные без форматирования.
Если с анализатором используется мышь, наведите ее курсор на функцию в диалоговом окне, чтобы узнать, как она используется.

В следующей таблице

- функция (scalar x) означает, что автоматическое преобразование комплексного числа в его скалярную величину выполнено до передачи значения в функцию;
- функция (complex x) означает, что используется полное комплексное значение;
- **a, b, c, d** — аргументы, используемые в функции.

Функция/константа	Описание
acos(scalar a)	Возвращает арккосинус **a** в радианах
asin(scalar a)	Возвращает арксинус **a** в радианах

atan(scalar a)	Возвращает арктангенс **a** в радианах
atan2	Возвращает фазу комплексного числа **a** = (re,im) в радианах и имеет следующие два набора аргументов: • atan2(complex a) — возвращает фазу в радианах • atan2(scalar a, scalar b)
conj(complex a)	Берет **a** и возвращает комплексно сопряженный элемент
cos(complex a)	Берет **a** в радианах и возвращает косинус
cpx(scalar a, scalar b)	Возвращает комплексное значение (**a**+i**b**) по двум скалярным значениям
e	Возвращает константу =~ 2,71828...
exp(complex a)	Возвращает число e, возведенное в степень, заданную числом **a**
getNumPoints()	Возвращает количество точек для текущей развертки
im(complex a)	Возвращает мнимую часть **a** в виде скалярной части результата (обнуляет мнимую часть)
kfac(complex a, complex b, complex c, complex d) при вводе в редакторе формул: kfac(S11,S21,S12,S22)	k-factor: k = (1 - |a|^2 - |d|^2 + |a*d-b*c|^2) / (2 * |b*c|) Возвращает скалярный результат — мнимая часть комплексного результата всегда равна 0
ln(complex a)	Возвращает натуральный логарифм **a**
log10(complex a)	Возвращает десятичный логарифм **a**
mag(complex a)	Возвращает sqrt(**a**.re***a**.re+**a**.im***a**.im)
max(complex a, complex b, ...)	Возвращает комплексное значение, имеющее максимальный модуль из списка значений.
max_hold(complex a)	Сохраняет текущие максимумы развертки. Отключите формулу для сброса. См. пример.
median(complex a, complex b, ...)	Возвращает медиану по списку комплексных значений • Медиана определяется путем сортировки значений по модулю и поиска среднего. • При четном количестве значений возвращается меньшее из двух средних значений.
min(complex a, complex b, ...)	Возвращает комплексное значение, имеющее наименьший модуль из списка значений.

min_hold(complex a)	Сохраняет текущие минимумы развертки. Отключите формулу для сброса. См. пример.
mrkx(a,b)	Возвращает значение по оси x для маркера с номером b на графике с номером a.
mrky(a,b)	Возвращает значение по оси y для маркера с номером b на графике с номером a.
mu1(complex a, complex b, complex c, complex d) при вводе в редакторе формул: mu1(S11,S21,S12,S22)	mu1 = (1 - |**a**|^2) / (|d - conj**(a)** * (a*d-b*c)| + |b*c|)
mu2(complex a, complex b, complex c, complex d) при вводе в редакторе формул: mu1(S11,S21,S12,S22)	mu2 = (1 - |**d**|^2) / (|a - conj**(d)** * (a*d-b*c)| + |b*c|)
для mu1 и mu2 (обычно обозначаются греческой буквой **μ**)	• conj — комплексно сопряженный элемент. Для скалярных **a** и **b**, conj(a+ib) = (a-ib) • Возвращает скалярный результат — мнимая часть комплексного результата всегда равна 0.
phase(complex a)	Возвращает atan2(**a**) в градусах
PI	Возвращает число Пи (3,141592), представляющее собой отношение длины окружности к ее диаметру
pow(complex a, complex b)	Возвращает **a** в степени **b**
re(complex a)	Возвращает скалярную часть **a** (обнуляет мнимую часть)
sin(complex a)	Берет **a** в радианах и возвращает синус
sqrt(complex a)	Возвращает квадратный корень из **a** с фазовым углом в полуоткрытом интервале (-pi/2, pi/2)
tan(complex a)	Берет **a** в радианах и возвращает тангенс
traceDataArray(complex a)	Возвращает полный набор точек с развертки. Функция предназначена для использования в качестве аргумента в пользовательской функции для доступа к обработке массивов данных.
xAxisArray() или xAxisArray(integer a)	Возвращает текущее значение по оси x для данного канала или из указанного канала.
xAxisIndex()	Возвращает текущий индекс в развертке.

xAxisValue() or xAxisValue(integer a)	Возвращает текущее значение индекса по оси x для данного канала или из указанного канала.

Операторы, используемые в редакторе формул

Оператор	Описание
+	Сложение
–	Вычитание
*	Умножение
/	Деление
(	Открывающаяся скобка
)	Закрывающаяся скобка
,	Запятая — разделитель аргументов (как в S11, S22)
=	Знак равенства (не обязателен)
E	Порядок числа (как в 23,45E6)

Примеры формул

Следующие примеры помогут вам начать работу с редактором формул.

Сместить каждую точку данных в Tr2 относительно Tr1 на 2 **дБ**

Используйте функцию pow(complex **a**, complex **b**), возвращающую **a** в степени **b**.

```
20log(a) + 2 = 20log(x)
log( a ) + 2/20 = log( x ) // делит все на 20.
x = 10^(log(a) + 2/20) // зеркально отображает график и берет 10 в степени с обеих сторон
x = 10^log(a) * 10^(2/20)
x = a * 10^(2/20)
```

Формула вводится в Tr2 в виде:

Offset=Tr1*pow(10, 2/20)

Чтобы сместить на **5** дБ:

Offset=Tr1*pow(10, 5/20).

Сбалансированное согласование с помощью 2-портового анализатора

SDD11 = (S11-S21-S12+S22)/2

Потери на преобразование

B_1/pow(10,-15/20)

- B_1 — измерение приемника;
- –15 — входная мощность, дБм.

Точка пересечения третьего порядка (IP3 или TOI)

TR1*sqrt(Tr1/Tr3)

- Tr1 — мощность входного сигнала
- Tr3 — интермодуляционная мощность (оба графика снимаются одиночными приемниками)

Гармонические колебания, дБн

B_1/Tr2

- B_1 настроено на гармоническую частоту
- Tr2 — мощность на основной частоте, измеренная приемником B_1

PAE (коэффициент полезного действия суммирования мощности)

Pout - Pin / Pdc

Введите следующую формулу в новый график измерений без соотношений, например AI1. Формат данных — действительные числа:

```
PAE = 100 * (.001*pow(mag(Tr1),2)-
(.001*pow(mag(Tr1),2)/pow(mag(Tr2),2)))/(Tr3*Tr4)
```

Где:

- Tr1 — график, полученный по результатам измерений без соотношений приемника B;
- Tr2 — скорректированный график S21 (коэффициент усиления усилителя);
- Tr3 — график, полученный по результатам измерений напряжения АЦП (AI1) на измерительном резисторе;
- Tr4 — график формулы, содержащей Isupp = (Tr3 / номинал измерительного резистора).

Данные отображаются в формате действительных чисел, в ваттах.

1-Вносимые потери порта

Если оба конца кабеля не могут быть подключены к анализатору, можно выполнить измерение вносимых потерь на одном порту. Однако в этом случае измеренные потери необходимо разделить на 2, поскольку полученный результат содержит потери сигнала, уходящего **и** возвращающегося по кабелю. При этом допускается, что устройство законцовано короткозамкнутой или разомкнутой цепью для отражения полной мощности. Операция деления на 2 (для дБ) с помощью редактора формул выполняется следующим образом:

- Tr1 — график S11 в формате логарифмической амплитуды;
- Tr2 — график формулы, содержащий sqrt(Tr1).

Сохранение максимума и минимума

Эти две функции позволяют получать и отображать максимальные и минимальные значения для каждой точки данных по нескольким ходам развертки.

Maxhold(S21) отображает максимальное значение для каждой точки данных до сброса. Сброс осуществляется отключением и повторным включением графика. Данный пример относится к графику S21, который не отображается.

Сохранение данных редактора формул

Данные формул можно сохранять на жестком диске анализатора в следующих форматах:

- Citifile (.cti) — данные формул можно сохранять и вызывать. Заголовок файла включает в себя скрытый тип графика s-параметра.
- PRN — читается табличными редакторами. НЕ читается анализатором.
- CSV — читается табличными редакторами. НЕ читается анализатором.
- MDIF — совместим с системой автоматизированного проектирования ADS Keysight. НЕ читается анализатором.
- Печать в файл (bmp, jpg, png) — сохраняет изображение с экрана.

Данные уравнений НЕ сохраняются в .формате файла SnP. При попытке сохранения графика формулы в формате .SnP сохраняются скрытые данные S-параметров, а не данные формулы.

Использование предельных значений для испытаний устройств

Использование предельных линий

С помощью предельных линий вы можете сравнивать данные измерений с заданными ограничениями рабочих характеристик.

- Общие сведения
- Создание и редактирование предельных линий
- Отображение предельных линий и проверки по предельным значениям
- Настройки проверок по предельным значениям
- Проверки по предельным значениям в определенных точках
- Сохранение/вызов таблицы предельных значений для проверок
- Отображение заключения по результатам проверок по предельным значениям
- Проверки при наличии достаточного числа точек данных

Другие темы по анализу данных

Общие сведения

Предельные линии служат в качестве визуального представления на экране анализатора VNA заданных предельных значений для измерений. Предельные линии могут использоваться в следующих целях:

- в качестве **визуальных ориентиров** для оператора при настройке устройств;
- для отображения **стандартных критериев,** соблюдение которых необходимо для обеспечения соответствия устройства установленным характеристикам;
- для наглядного **сравнения** полученных данных с установленными характеристиками.

Проверки по предельным значениям предназначены для сравнения измеренных данных с установленными предельными значениями и предоставления дополнительной информации о статусе «годен\негоден» по каждой точке измеренных данных.

Вы можете задать для каждого графика с результатами измерений до **100** отдельных линий, что обеспечивает возможность проверки всех аспектов отклика испытуемого устройства.

Предельные линии и проверки по предельным значениям НЕДОСТУПНЫ при работе с форматами отображения в виде **диаграммы Смита** или **полярной диаграммы**. Если при включенных предельных линиях вы измените формат отображения на диаграмму Смита или полярную диаграмму, анализатор автоматически отключит предельные линии и заблокирует возможность проверки по предельным значениям.

По умолчанию предельные линии рисуются тем же цветом, что и график, на котором они созданы. Однако предусмотрена возможность отображения всех предельных линий красным цветом путем задания соответствующей предпочтительной настройки.

Создание и редактирование предельных линий

Предельные линии могут быть созданы для всех графиков с результатами измерений.

Предельные линии имеют тот же цвет, что и график с результатами измерений.

Предельные линии состоят из отдельных линий с четырьмя координатами:

- НАЧАЛЬНАЯ и КОНЕЧНАЯ точки испытательного сигнала — значения по оси X;
- НАЧАЛЬНАЯ и КОНЕЧНАЯ точки сигнала отклика — значения по оси Y.

Таблица предельных значений

Порядок включения/выключения таблицы предельных значений

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки

1. Нажмите **Math** > ***Analysis***.
2. Щелкните по **Limit Table** > **Limit**, чтобы включить/выключить таблицу предельных значений.

Команды программирования

	TYPE	BEGIN STIMULUS	END STIMULUS	BEGIN RESPONSE	END RESPONSE
1	MIN	1.930000 GHz	1.990000 GHz	-5.000000 dB	-5.000000 dB
2	MAX	1.000000 GHz	1.900000 GHz	-60.000000 dB	50.000000 dB
3	MAX	2.050000 GHz	3.000000 GHz	-50.000000 dB	-60.000000 dB
4	OFF	0 Hz	0.000000 Hz	0.000000 dB	0.000000 dB

Примечание. Чтобы ДОБАВИТЬ предельную линию в таблицу, измените тип последней предельной линии на MAX или MIN.

1. В области **Type** таблицы предельных значений выберите для предельной линии 1 значение **MIN** или **MAX**.
   - При выбранном значении MIN будут считаться «негодными» результаты измерений, находящиеся НИЖЕ этой предельной линии.
   - При выбранном значении MAX будут считаться «негодными» результаты измерений, находящиеся ВЫШЕ этой предельной линии.
2. Щелкните по полю **BEGIN STIMULUS** (Начальная точка испытательного сигнала) для предельного сегмента 1. Введите требуемое значение.
3. Щелкните по полю **END STIMULUS** (Конечная точка испытательного сигнала) для предельного сегмента 1. Введите требуемое значение.
4. Щелкните по полю **BEGIN RESPONSE** (Начальная точка сигнала отклика) для предельного сегмента 1. Введите требуемое значение.
5. Щелкните по полю **END RESPONSE** (Конечная точка сигнала отклика) для предельного сегмента 1. Введите требуемое значение.
6. Повторите шаги с 1-го по 5-й для каждой требуемой предельной линии.

Отображение предельных линий и проверки по предельным значениям

После того как предельные линии будут созданы, вы сможете выбрать для каждого графика, требуется ли **отобразить** или **скрыть** эти линии. Заданные предельные значения останутся действительными, даже если предельные линии не будут отображаться.

Проверки по предельным значениям не могут проводиться на графиках из памяти.

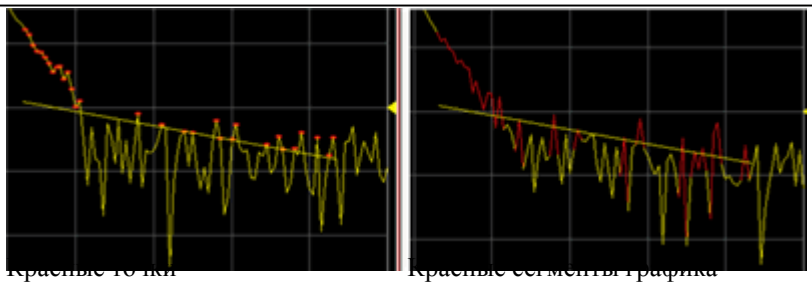
Вы можете выбрать визуальную и (или) звуковую индикацию «годен\негоден». При включенном режиме проверки по предельным значениям:

- все части графика с результатами измерений, **не соответствующие** критериям, **отображаются красным цветом**;
- все части графика с результатами измерений, **удовлетворяющие** критериям, остаются без

изменений, и звуковая сигнализация не включается.

Отображение точек графика со статусом «негоден» или сегментов графика

Точки данных, не прошедшие проверку по предельным значениям, могут отображаться в виде либо точек, либо сегментов графика, выделенных красным цветом. Настройка поведения по умолчанию (выделение графика красным цветом) может быть изменена путем применения предпочтительной настройки.



Красные точки Красные сегменты графика

«Годен» — это режим проверки статуса «годен\негоден»**, используемый по умолчанию.**

Точка данных признается «негодной», только если данные измерений в ней выходят за установленные предельные значения.

- При выключенной предельной линии весь график будет признан соответствующим.
- При отсутствии данных измерений в точках, попадающих на настройки испытательного сигнала предельной линии, такие точки будут признаны соответствующими.

Настройки проверок по предельным значениям

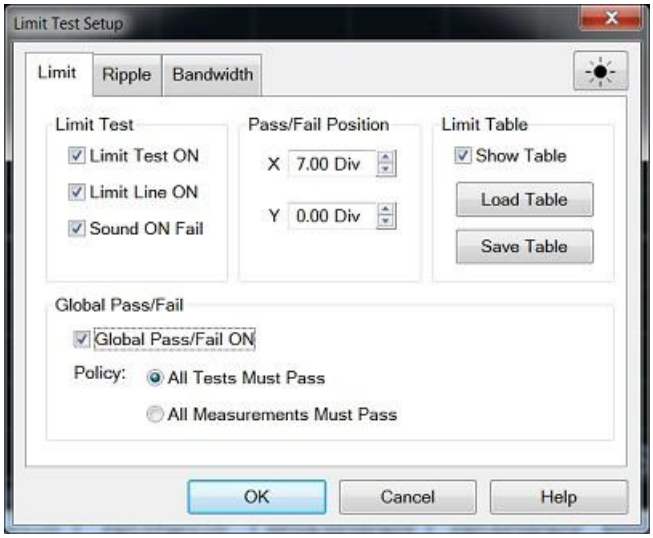
Порядок настройки проверок по предельным значениям

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки

1. Нажмите **Math** > ***Analysis***.
2. Щелкните по **Limits...** и затем откройте в диалоговом окне вкладку **Limit**.

Команды программирования

Справка диалогового окна **Limit Test (Проверки по предельным значениям)**



Limit Test (Проверки по предельным значениям)

Limit Test ON (Проверки по предельным значениям включены): поставьте флажок в данном поле, чтобы производилось сравнение графика измеренных значений с предельными значениями и отображались результаты сравнения — PASS (Соответствует) или FAIL (Не соответствует).

Limit Line ON (Предельная линия включена): поставьте флажок в данном поле, чтобы на экране были видны предельные линии. (Проверка по предельным значениям будет выполняться независимо от того, отображаются предельные линии или нет.)

Sound ON Fail (Звуковая сигнализация при статусе «негоден» включена): поставьте флажок в данном поле, чтобы анализатор VNA издавал звуковой сигнал, когда точка на графике измеренных значений не проходит проверку по предельным значениям.

Pass/Fail Position (Положение индикатора «годен\негоден»**)**

Данная настройка задает положение индикатора «годен\негоден» на экране анализатора VNA.

X: положение по оси X. 0 соответствует крайнему левому положению, 10 соответствует крайнему правому положению.

Y: положение по оси Y. 0 соответствует положению внизу, 10 соответствует положению вверху.

Show Table (Показывать таблицу): при поставленном флажке на экран выводится таблица, с помощью которой вы можете создавать и редактировать предельные значения.

Load Table (Загрузить таблицу): **нажмите, чтобы вызвать сохраненную таблицу предельных значений. Подробнее**.
Save Table (Сохранить таблицу): **нажмите, чтобы сохранить таблицу предельных значений. Подробнее**.

Примечание. Чтобы ДОБАВИТЬ предельную линию в таблицу, измените тип последней предельной линии на MAX или MIN.

Global Pass/Fail (Общий статус «годен\негоден»**)**

Индикатор «годен\негоден» представляет собой удобное средство контроля статуса ВСЕХ измерений.

Global Pass/Fail ON (Индикатор общего статуса «годен\негоден» **включен):** поставьте флажок в данном поле, чтобы отображался общий статус «годен\негоден».

Policy: (Политика): выберите, какое из нижеперечисленных условий должно быть выполнено, чтобы индикатор общего статуса «годен\негоден» показал PASS («Годен»):

- All Tests Must Pass (Все проверки должны быть успешно пройдены) (при поставленном флажке в поле Limit Test ON): данная настройка считывает результаты проверок по предельным значениям. Если все проверки (при поставленном флажке в поле Limit Test ON) будут успешно пройдены, индикатор общего статуса «годен\негоден» покажет PASS («Годен»).
- **All Measurements Must Pass** (Все результаты измерений должны быть признаны

соответствующими): это более критическая настройка, при использовании которой индикатор покажет FAIL («Негоден»), если хотя бы одна из точек измеренных данных выйдет за установленные предельные условия проверки при поставленном флажке в поле **Limit Test ON**. **Примечание.** Если хотя бы для одного результата измерений НЕ будет задана настройка **Limit Test ON**, то в этом режиме индикатор общего статуса «годен\негоден» покажет FAIL («Негоден»).

Примечание. Если хотя бы для одного результата измерений НЕ будет задана настройка **Limit Test ON**, то в этом режиме индикатор общего статуса «годен\негоден» покажет FAIL («Негоден»).

Подробнее об отображении предельных линий и проверках по предельным значениям (прокрутите вверх).

Сохранение/вызов таблицы предельных значений для проверок

Таблица предельных значений для проверок может быть сохранена в файл и впоследствии вызвана на экран для использования. Таблица сохраняется в файл формата csv (с расширением *.csv), а значения сохраняются в виде последовательности символов вместе с единицами измерения. Данный файл в формате csv может быть затем открыт с помощью программного обеспечения редактора таблиц для ПК.

Порядок сохранения или загрузки таблицы предельных значений для проверок

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки

1. Нажмите **Math** > ***Analysis***.
2. Щелкните по **Limits...** и затем откройте в диалоговом окне вкладку **Limit**.
3. Щелкните по **Load Table,** чтобы вызвать сохраненную таблицу предельных значений.
4. Щелкните по **Save Table,** чтобы сохранить таблицу предельных значений.

Возможности программирования для этой функции не предусмотрены.

Загрузка таблицы

1. Чтобы вызвать сохраненную таблицу предельных значений, щелкните по **Load Table** в диалоговом окне Limit Test Setup, в результате откроется диалоговое окно Recall (Вызов). Одновременно с этим в качестве типа файла будут выбраны файлы в формате CSV (с расширением *.csv).
2. Укажите папку, в которой находится файл, и затем выберите файл. Щелкните по Recall, чтобы вызвать сохраненную таблицу предельных значений на экран.

Примечание. Вы можете вызвать таблицу предельных значений для графика в любом канале, независимо от канала и графика, которые были активны, когда таблица предельных значений была сохранена в файл.

Сохранение таблицы

1. Чтобы сохранить таблицу предельных значений, щелкните по **Save Table** в диалоговом окне Limit Test Setup, в результате откроется диалоговое окно Save As (Сохранить как). Одновременно с этим в качестве типа файла будут выбраны файлы в формате CSV (с расширением *.csv).
2. Укажите любую папку, в которую требуется сохранить файл, и введите имя файла. Щелкните по **Save,** чтобы сохранить в файл показанную таблицу предельных значений.

Таблица предельных значений сохраняется в следующем формате:

- Первая строка содержит сведения о типе проверки по предельным значениям прибора.
- Вторая строка содержит сведения о номере редакции проверки по предельным значениям.
- Третья строка содержит заголовок для сегментных элементов, которые приводятся начиная с четвертой строки.
- Четвертая и последующие строки содержат данные по сегментам.

Пример формата сохранения таблицы предельных значений:

"# E5080 Limit Test" "#

Revision: 1.00"

TYPE, BEGIN STIMULUS, END STIMULUS, BEGIN RESPONSE, END RESPONSE MIN,
5.600000 GHz, 7.500000 GHz, -30.000000dB, -30.000000dB
MAX, 4.700000 GHz, 5.800000 GHz, -10.000000dB, -10.000000dB MAX,
6.200000 GHz, 8.000000 GHz, -10.000000dB, -10.000000dB OFF,
0.000000 Hz, 0.0000000 Hz, 0.00dB

Отображение заключения по результатам проверок по предельным значениям

Заключение по результатам проверок точек измерений и графиков

Точки измерений с неудовлетворительными результатами проверки отображаются на экране красным цветом. Заключение по результатам проверок графика отображается с помощью индикатора Pass (Соответствует) или Fail (Не соответствует), который по умолчанию располагается в правой нижней части экрана (расположение может быть настроено).

Заключение по результатам проверок каналов

Если для канала было сделано заключение о статусе «негоден», результат будет отображен в диалоговом окне Global Pass/Fail, если для настройки Global Pass/Fail ON поставлен флажок (индикация включена). Заключение о статусе «негоден» будет сделано в случае, если в данном канале имеется хотя бы один график с неудовлетворительными результатами хотя бы одной проверки по предельным значениям.

Порядок включения/выключения индикатора общего статуса «годен\негоден»

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки

1. Нажмите **Math** > ***Analysis***.
2. Щелкните по **Limits...** и затем откройте в диалоговом окне вкладку **Limit**.
3. Поставьте флажок в данном поле, чтобы включить индикатор общего статуса «годен\негоден».
4. Уберите флажок из данного поля, чтобы выключить индикатор общего статуса «годен\негоден».

Команды программирования

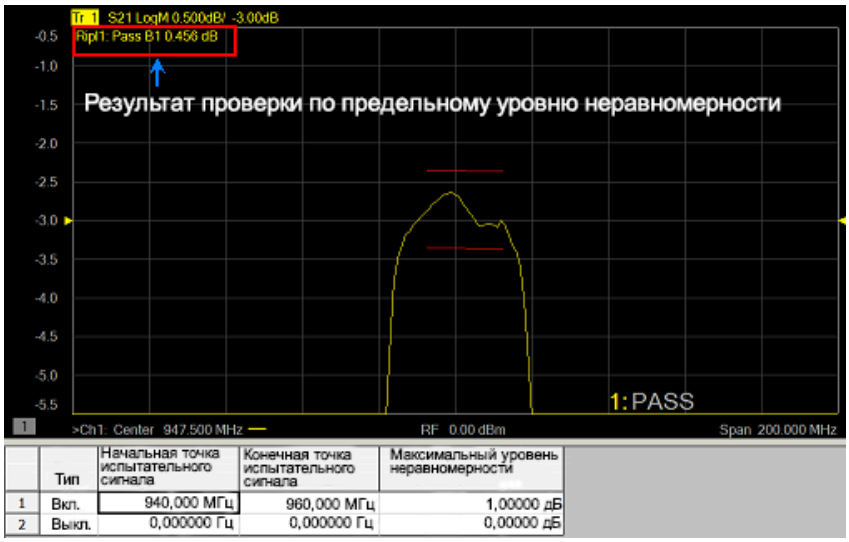
Проверки при наличии достаточного числа точек данных

В случаях, когда **в настройке System > *System Setup* > Preferences, Limit: Test the nearest measurement point** (Предельные значения: проверять ближайшую точку измерений) НЕ поставлен флажок, проверка по предельным значениям будет производиться только в фактических точках измеренных данных.

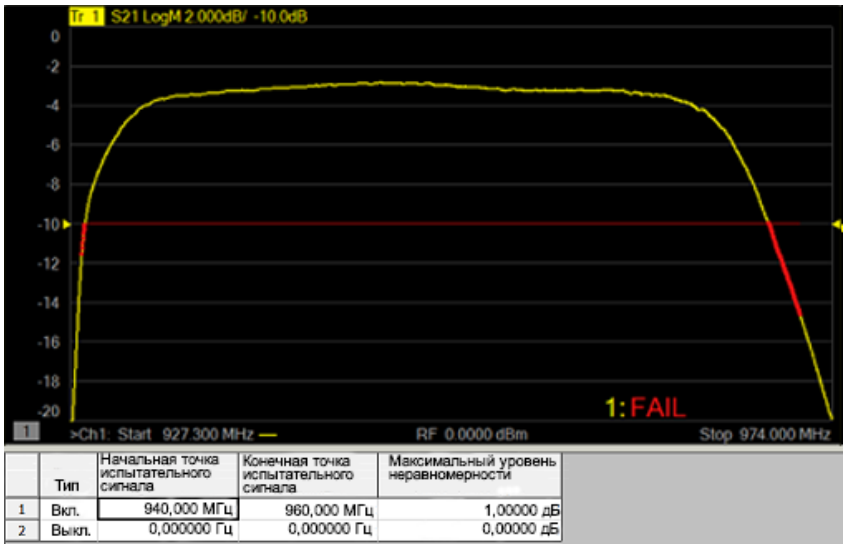
В связи с этим при недостаточной плотности точек данных не исключена возможность того, что устройство будет не соответствовать заданным характеристикам, однако индикация неудовлетворительного прохождения проверок по предельным значениям будет отсутствовать.

На следующем рисунке показан график с результатами измерений реального фильтра, основанный на 11 точках данных (приблизительно по одной на каждую вертикальную линию сетки). Проверка фильтра производится по предельной линии минимального значения (любая точка данных ниже предельной линии признается «негодной»).

Несмотря на то что график с результатами измерений явно находится ниже предельной линии, с обеих сторон характеристики фильтра отображается индикация PASS («Годен»), так как при этих частотах отсутствуют точки данных с результатами измерений.



На следующем рисунке показаны в точности те же условия, за исключением того, что число точек данных здесь увеличено до 1601. Теперь фильтр признан не прошедшим проверку по предельной линии минимального значения, на что указывает красный цвет графика с результатами измерений.



В случаях, когда **в настройке System > *System Setup* > Preferences, Limit: Test the nearest measurement point** (Предельные значения: проверять ближайшую точку измерений) поставлен флажок, производится сравнение предельного значения с ближайшей точкой измеренных данных.

Проверки по предельным значениям в определенных точках

Анализатор предоставляет возможность выполнения проверок по предельным значениям в определенных точках частотного диапазона. Данная функция аналогична той, которая имеется у E5071C. В случае если в таблице предельных значений для проверок выполняются условия: Begin Stimulus = End Stimulus (начальная точка испытательного сигнала равна конечной точке испытательного сигнала) и Begin Response = End Response (начальная точка сигнала отклика равна конечной точке сигнала отклика), то такая точка будет определена в качестве точки проверки по предельным значениям и для нее будет показан символ v (для проверки по максимальному уровню) или ^ (для проверки по минимальному уровню).

При использовании проверок по предельным значениям в определенной точке убедитесь, что для настройки **System** > ***System Setup*** > **Preferences**, Limit: **Test the nearest measurement point** поставлен флажок. При применении данной настройки, даже если точка проверки, равная начальной и конечной точкам испытательного сигнала, не будет совпадать с точкой измерений, результат будет определен с

использованием ближайшей точки измерений.

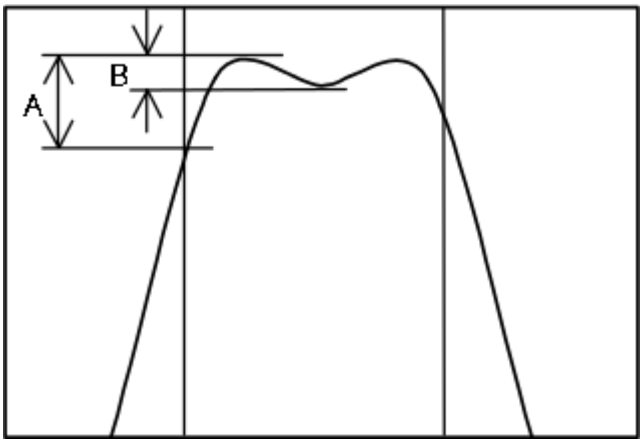
Использование проверок по предельному уровню неравномерности

- Общие сведения
- Общие принципы проверки по предельному уровню неравномерности
- Создание и редактирование предельных линий неравномерности
- Отображение результатов проверки по предельному уровню неравномерности
- Настройки проверки по предельному уровню неравномерности
- Сохранение/вызов таблицы предельных значений неравномерности

Другие темы по анализу данных

Общие сведения

Функция проверки по предельному уровню неравномерности может выполняться независимо от функции проверки по предельным значениям. Отдельно от проверок по предельным значениям анализатор предоставляет возможность оценки результатов измерений по принципу соответствует/не соответствует путем задания предельного уровня неравномерности. Данная функция называется проверкой по предельному уровню неравномерности.



На этом рисунке A больше, чем B. Поэтому A считается неравномерностью в заданном диапазоне испытательного сигнала.

Функция предельного уровня неравномерности производит оценку только значений в точках измерений. Интерполированные значения не используются.

Общие принципы проверки по предельному уровню неравномерности

Функция проверки по предельному уровню неравномерности служит для оценки результатов по принципу соответствует/не соответствует на основании предельного уровня неравномерности, который задается с помощью таблицы предельных значений неравномерности. Неравномерность определяется как разность между наибольшим и наименьшим значениями в пределах заданного диапазона испытательного сигнала. Вы можете задать до 12 полос частот, что обеспечивает возможность проверки в каждой полосе частот.

При проверке по предельному уровню неравномерности результат измерений признается соответствующим, если значение неравномерности, заданное для предельного уровня неравномерности, не было превышено ни в одной из точек измерений на графике, в противном случае он признается «негодным». Точки измерений, находящиеся в диапазоне испытательного сигнала без заданного предельного уровня неравномерности, в результате

данной проверки будут признаны соответствующими.

Примечание. Целью оценки на статус «годен\негоден» являются непосредственно точки измерений. Оценка в интерполированном интервале между точками измерений не производится.

Функция проверки по предельному уровню неравномерности определяется значением испытательного сигнала в начальной точке, значением испытательного сигнала в конечной точке, предельным значением неравномерности и типом (вкл./выкл.). Более подробная информация содержится в разделе «Таблица предельных значений неравномерности».

При включенной функции проверки по предельному уровню неравномерности точки измерений, признанные «негодными», будут показаны на экране красным цветом; кроме того, будет показан результат проверки графика, основывающийся на результатах проверки каждой точки измерений (график будет признан «негодным», если на нем присутствует хотя бы одна красная точка измерений). Информация об отображении результатов приведена в разделе «Настройка проверки по предельному уровню неравномерности». Также вы можете подтвердить результаты проверки канала на экране (результаты признаются «негодными», если в канале имеется хотя бы один график, не прошедший проверки по предельным значениям, проверки по предельному уровню неравномерности или проверки по предельной полосе пропускания).

Создание и редактирование предельных линий неравномерности

Предельные линии неравномерности могут быть созданы для всех графиков с результатами измерений. Предельные линии неравномерности имеют тот же цвет, что и график с результатами измерений.

Предельные линии неравномерности состоят из отдельных линий с тремя координатами:

- начальная и конечная точки испытательного сигнала — значения по оси X;
- максимальная неравномерность — значения по оси Y.

Таблица предельных значений неравномерности

Перед тем как использовать функцию проверки по предельному уровню неравномерности, необходимо настроить предельные значения неравномерности. Вы можете задать таблицу предельных значений неравномерности для каждого графика, в которой могут быть настроены до 12 полос для предельного уровня неравномерности (частотных полос).

Порядок включения/выключения таблицы предельных значений неравномерности

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки

1. Нажмите **Math** > ***Analysis***.
2. Щелкните по **Limit Table** > **Ripple**, чтобы включить/выключить таблицу предельных значений неравномерности.

Команды программирования

Примечание. Чтобы ДОБАВИТЬ частотную полосу в таблицу предельных значений неравномерности, измените тип последней предельной линии неравномерности на ON или OFF.

Примечание. По умолчанию таблица предельных значений неравномерности не содержит частотных полос.

1. В области Type таблицы предельных значений неравномерности выберите для предельной линии неравномерности 1 значение ON или OFF.
   - ON — полоса используется для проверки по предельному уровню неравномерности.
   - OFF — полоса не используется для проверки по предельному уровню неравномерности.

2. Щелкните по полю Begin Stimulus (Начальная точка испытательного сигнала) для сегмента предельного уровня неравномерности 1. Введите требуемое значение.
3. Щелкните по полю End Stimulus (Конечная точка испытательного сигнала) для сегмента предельного уровня неравномерности 1. Введите требуемое значение.
4. Щелкните по полю Max Ripple (Максимальный уровень неравномерности) для сегмента предельного уровня неравномерности 1. Введите требуемое значение.
5. Повторите шаги с 1-го по 4-й для каждой требуемой предельной линии неравномерности.

Порядок включения/выключения таблицы предельных значений неравномерности

Примечание. Допустимый диапазон значений испытательного сигнала: от –500G до +500G. Если какое-либо значение выходит за указанный диапазон, оно будет задано повторно так, чтобы оно находилось внутри диапазона.

Примечание. Даже если изменить диапазон развертки анализатора VNA после того, как было задано значение испытательного сигнала, это не повлияет на значение испытательного сигнала.

Пример конфигурации проверки по предельному уровню неравномерности

- Индивидуальные частотные полосы для проверок по предельному уровню неравномерности могут перекрывать друг друга; в этом случае проверка по предельному уровню неравномерности выполняется для каждого частотного диапазона.
- Даже если величина полосы обзора анализатора VNA задана равной нулю, вам необходимо будет указать значения как для начальной, так и для конечной точек испытательного сигнала.
- Если в качестве формата данных выбрана диаграмма Смита или формат полярных координат, проверки по предельным значениям выполняются для основного значения отклика из двух значений отклика маркера.

Отображение результатов проверки по предельному уровню неравномерности

Результаты проверки для графика

Результаты проверки для графика будут показаны в виде надписи Pass (Соответствует) или Fail (Не соответствует) в верхней левой части диаграммы. Также можно отобразить значение неравномерности в выбранной частотной полосе. В случае неудовлетворительных результатов проверки графика результаты проверки и линии неравномерности отображаются красным цветом.

Для каждого графика результат отображается в следующем формате: Ripln: Pass (или Fail), где n — номер графика. После Bn будет показано значение неравномерности (если отображение неравномерности будет выключено, будет показано только Bn без значения неравномерности).

Global Pass/Fail (Общий статус «годен\негоден»**)**

К проверкам по предельному уровню неравномерности применяется настройка Global Pass/Fail во вкладке Limit. Заключение о статусе «годен\негоден» будет сделано в случае, если в данном канале имеется хотя бы один график с неудовлетворительными результатами хотя бы одной проверки по предельному уровню неравномерности.

Настройки проверки по предельному уровню неравномерности

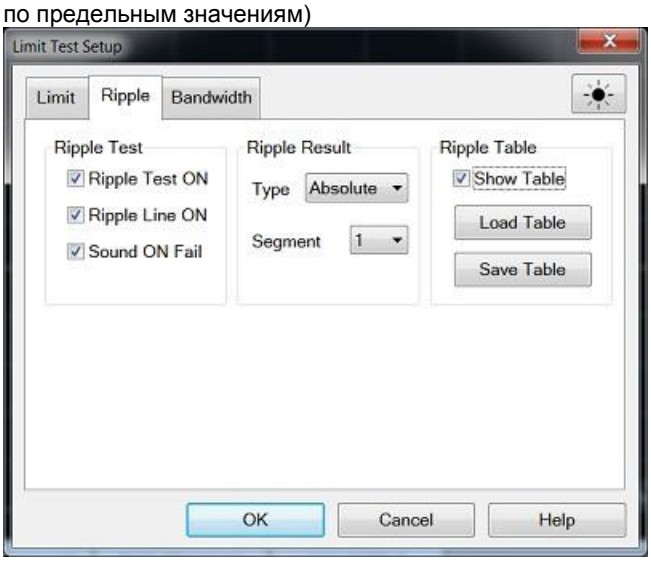
Порядок настройки проверки по предельному уровню неравномерности

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки

1. Щелкните по каналу или графику, чтобы выбрать график, к которому требуется применить функцию проверки по уровню неравномерности.
2. Нажмите **Math** > ***Analysis***.
3. Щелкните по **Limits...** и затем откройте в диалоговом окне вкладку **Ripple**.

Команды программирования

Справка вкладки Ripple (Неравномерность) диалогового окна Limit Test Setup (Настройки проверок по предельным значениям)



Ripple Test (Проверка по предельному уровню неравномерности)

Ripple Test ON (Проверки по предельному уровню пульсаций включены): поставьте флажок в данном поле, чтобы выполнялись проверки по предельному уровню неравномерности и отображались результаты — PASS (Соответствует) или FAIL (Не соответствует).

Ripple Line ON (Предельная линия неравномерности включена): поставьте флажок в данном поле, чтобы на экране отображалась предельная линия неравномерности (проверки будут выполняться независимо от того, включена предельная линия неравномерности или нет).

Ripple Result (Результаты проверки по предельному уровню неравномерности)

Type (Тип): выберите, как должны отображаться значения неравномерности. Доступны следующие настройки: Off (Выключено), Absolute (Абсолютное значение — разность между максимальным и минимальным значениями внутри полосы) и Margin (Запас — разность между абсолютным значением неравномерности и предельным значением неравномерности).

Segment (Сегмент): щелкните, чтобы задать в таблице предельных значений неравномерности до 12 сегментов испытательного сигнала для каждого графика.

Ripple Table (Таблица предельных значений неравномерности)

Show Table (Показывать таблицу): при поставленном флажке на экран выводится таблица, с помощью которой вы можете создавать и редактировать предельные значения.

Load Table (Загрузить таблицу): нажмите, чтобы вызвать сохраненную таблицу предельных значений неравномерности.

Save Table (Сохранить таблицу): нажмите, чтобы сохранить таблицу предельных значений неравномерности.

Сохранение/вызов таблицы предельных значений неравномерности

Таблица предельных значений неравномерности может быть сохранена в файл и впоследствии вызвана на экран для использования. Таблица сохраняется в файл формата csv (с расширением *.csv), а значения сохраняются в виде последовательности символов вместе с единицами измерения. Данный файл в формате csv может быть затем открыт с помощью программного обеспечения редактора таблиц для ПК.

Порядок настройки схемы проверки по предельному уровню неравномерности

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки

1. Нажмите **Math** > ***Analysis***.
2. Щелкните по **Limits...** и затем откройте в диалоговом окне вкладку **Ripple**.
3. Щелкните по Load Table, чтобы вызвать сохраненную таблицу предельных значений неравномерности.
4. Щелкните по Save Table, чтобы сохранить таблицу предельных значений неравномерности.

Возможности программирования для этой функции не предусмотрены.

Загрузка таблицы

1. Чтобы вызвать сохраненную таблицу предельных значений неравномерности, щелкните по Load Table в диалоговом окне Ripple Limit Test Setup, в результате откроется диалоговое окно Recall (Вызов). Одновременно с этим в качестве типа файла будут выбраны файлы в формате CSV (с расширением *.csv).
2. Укажите папку, в которой находится файл, и затем выберите файл. Щелкните по Recall, чтобы вызвать сохраненную таблицу предельных значений неравномерности на экран.

Примечание. Вы можете вызвать таблицу предельных значений неравномерности для графика в любом канале независимо от канала и графика, которые были активны, когда таблица предельных значений неравномерности была сохранена в файл.

Сохранение таблицы

1. Чтобы сохранить таблицу предельных значений неравномерности, щелкните по Save Table в диалоговом окне Ripple Limit Test Setup, в результате откроется диалоговое окно Save As (Сохранить как). Одновременно с этим в качестве типа файла будут выбраны файлы в формате CSV (с расширением *.csv).
2. Укажите любую папку, в которую требуется сохранить файл, и введите имя файла. Щелкните по Save, чтобы сохранить в файл показанную таблицу предельных значений неравномерности.

Таблица предельных значений неравномерности сохраняется в следующем формате:

- Первая строка содержит сведения о типе проверки по предельным значениям прибора.
- Вторая строка содержит сведения о номере редакции проверки по предельным значениям.
- Третья строка содержит заголовок для сегментных элементов, которые приводятся начиная с четвертой строки.
- Четвертая и последующие строки содержат данные по сегментам. Пример формата сохранения таблицы предельных значений неравномерности:

"# E5080 Ripple Limit Test"

"# Revision: 1.00"

TYPE, BEGIN STIMULUS, END STIMULUS, MAX RIPPLE

ON, 933.0000000 MHz, 964.0000000 MHz, 1.5 dB

ON, 938.0000000 MHz, 953.0000000 MHz, 500 mdB

Использование проверок по предельной полосе пропускания

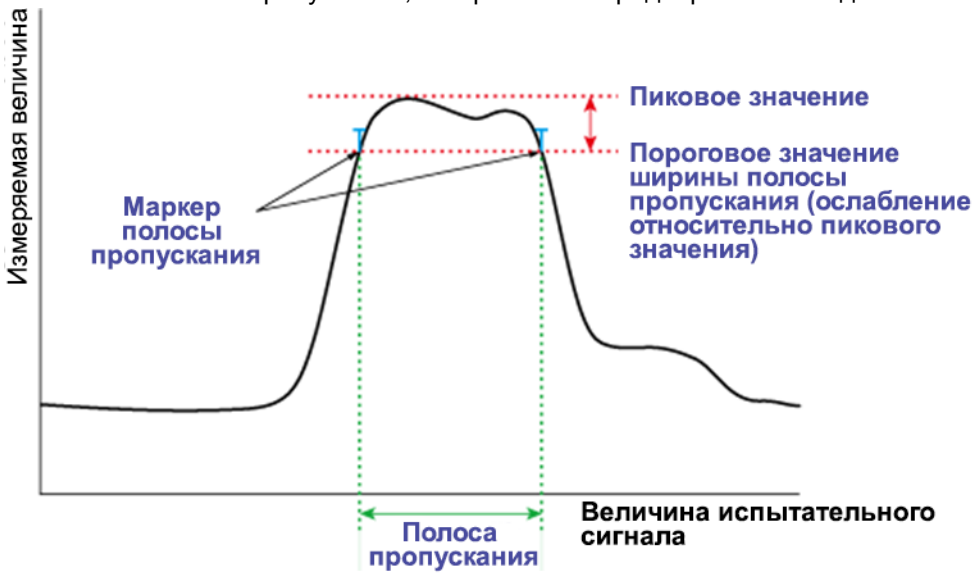
- Общие сведения
- Отображение результатов проверки по предельной полосе пропускания
- Настройки проверки по предельной полосе пропускания

Другие темы по анализу данных

Общие сведения

Функция проверки по предельной полосе пропускания может использоваться для проверки полосы пропускания полосовых фильтров.

В ходе проверки по предельной полосе пропускания анализатор находит пиковый уровень сигнала в полосе пропускания и точки по обеим сторонам полосы пропускания, амплитуда в которых ниже пикового значения, заданного в настройках проверки. Полоса частот между этими двумя точками представляет собой полосу пропускания фильтра. Затем полученная полоса пропускания сравнивается с минимальным и максимальным допустимыми значениями полосы пропускания, которые были предварительно заданы.



Отображение результатов проверки по предельной полосе пропускания

Результаты проверки для графика

Результаты проверки для графика будут показаны в виде надписи Pass (Соответствует), Wide (Широкая) или Narrow (Узкая) в верхней левой части диаграммы после BWn, где n — номер графика. Также можно отобразить ширину полосы пропускания. В случае неудовлетворительных результатов проверки графика результаты проверки и маркеры полосы пропускания отображаются красным цветом.

Global Pass/Fail (Общий статус «годен\негоден»**)**

К проверкам по предельной полосе пропускания применяется настройка Global Pass/Fail во вкладке Limit. Заключение о «негодности» будет сделано в случае, если в данном канале имеется хотя бы один график с неудовлетворительными результатами хотя бы одной проверки по предельной полосе пропускания.

Настройки проверки по предельной полосе пропускания

Перед тем как использовать функцию проверки по предельной полосе пропускания, необходимо настроить пороговое значение ширины полосы пропускания, а также верхний и нижний пределы. Вы можете задать пороговое значение, верхний предел и нижний предел для каждого графика.

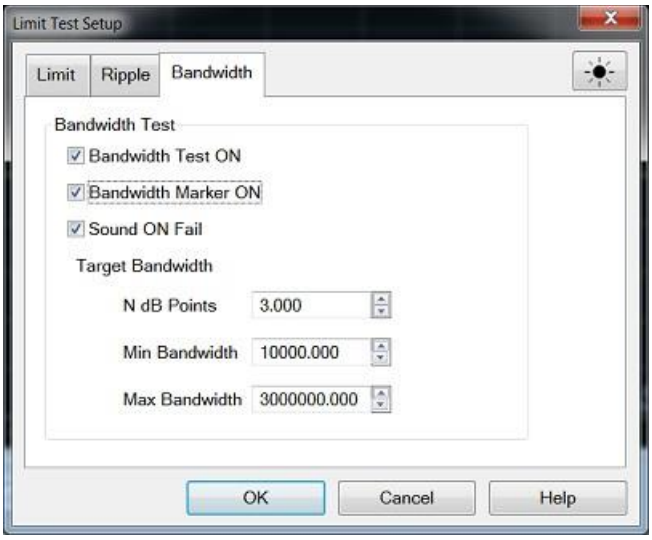
Порядок настройки схемы проверки по предельной полосе пропускания

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки

1. Щелкните по каналу или графику, чтобы выбрать график, к которому требуется применить функцию проверки по предельной полосе пропускания.
2. Нажмите **Math** > ***Analysis***.
3. Щелкните по **Limits...** и затем откройте в диалоговом окне вкладку **Bandwidth**.

Команды программирования

Справка вкладки Bandwidth (Полоса пропускания) диалогового окна Limit Test Setup (Настройки проверок по предельным значениям)



Bandwidth Test (Проверка по предельной полосе пропускания)

Bandwidth Test ON (Проверка по предельной полосе пропускания включена): поставьте флажок в данном поле, чтобы выполнялась проверка по предельной полосе пропускания.

Bandwidth Marker ON (Маркер полосы пропускания включен): поставьте флажок в данном поле, чтобы на экране отображался маркер полосы пропускания (проверки будут выполняться независимо от того, включен маркер или нет).

Sound ON Fail (Звуковой сигнал при статусе «негоден»): поставьте флажок в данном поле, чтобы подавать звуковой сигнал в случае неудовлетворительного результата проверки по предельной полосе пропускания.

Target Bandwidth (Заданная полоса пропускания)

N dB Points (Значение N в дБ): укажите пороговое значение ширины полосы пропускания в дБ.

Min Bandwidth (Минимальная граница полосы пропускания): введите нижний предел полосы пропускания в Гц.

Max Bandwidth (Максимальная граница полосы пропускания): введите верхний предел полосы пропускания в Гц.

Примечание. Если в качестве формата данных выбрана диаграмма Смита или формат полярных координат, данные проверки выполняться не будут.

5. Вывод данных

Сохранение и вызов данных

Анализатор предоставляет возможность сохранения на внутреннее или внешнее запоминающее устройство и последующего вызова файлов в различных форматах.

- Порядок сохранения состояния прибора
- Порядок сохранения результатов измерений
- Порядок вызова файла
- Подробнее о состоянии прибора и калибровочных данных (.csa, .cst, .sta, .cal)

Другие разделы по теме «Вывод данных»

Порядок сохранения состояния прибора и файлов калибровочных данных

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки

1. Нажмите **Save Recall** > ***Save State*** для сохранения состояния или ***Save Other*** для сохранения прочих данных.

Команды программирования

Справка программной вкладки Save State (Сохранить состояние)
Подробнее о файлах состояния прибора для анализатора VNA. Save State (Сохранить состояние): нажмите, чтобы немедленно сохранить состояние анализатора VNA, возможные калибровочные данные и связь с выбранным именем файла, которое зависит от типа сохраняемого файла. Файл с выбранным именем автоматически создается в запоминающем устройстве при выполнении сохранения. Auto Save (Автосохранение): выполняет сохранение состояния, калибровочных данных и связь с запоминающим устройством. Состояние прибора и калибровочные данные сохраняются во внутреннем запоминающем устройстве в папке «D:». Имя файла создается автоматически с использованием синтаксиса atxxx, где xxx — номер, увеличивающийся на единицу, когда происходит автосохранение нового файла. Имя файла зависит от типа сохраняемого файла и может иметь расширение .sta, .csa или .cst. Save State As... (Сохранить состояние как...): нажмите, чтобы открыть диалоговое окно Save As (Сохранить как). (Данная функция отсутствует у моделей M948xA и E5080A.) Save Register (Сохранить реестр): нажмите, чтобы немедленно сохранить указанный реестр (с 1-го по 8-й) в файл с выбранным именем, которое зависит от типа сохраняемого файла. Файл с выбранным именем автоматически создается в запоминающем устройстве при выполнении сохранения в выбранном реестре. <u>Save Type (Тип сохраняемого файла)</u> State — **сохранить состояние анализатора VNA в файле с расширением .sta.** State + Cal Data — **сохранить состояние анализатора VNA и калибровочные данные в файле с расширением .csa.** State + Cal Link — **сохранить состояние анализатора VNA и связь с калибровочными данными в файле с расширением .cst.**

Справка программной вкладки Save Other (Сохранить прочие данные)

Save Calset... & Save Screen... (Сохранить массив калибровочных коэффициентов... и Сохранить экран...): нажмите, чтобы открыть диалоговое окно Save As (Сохранить как).
Save Data... (Сохранить данные...): нажмите, чтобы открыть диалоговое окно Save Data As (Сохранить данные как).
Save User Preset... (Сохранить пользовательскую предварительную настройку...): **нажмите, чтобы открыть диалоговое окно User Preset.**

Справка диалогового окна Save As (Сохранить как)
Save (Сохранить): нажмите, чтобы указать папку, в которой требуется сохранить файл. File name (Имя файла): показывает имя файла, которое было либо набрано, либо выбрано в окне содержания папки. Примечание. Длина имени файла (без учета описания пути сохранения) НЕ ДОЛЖНА превышать 64 символов. Save as type (Тип сохраняемого файла) Для сохранения состояния прибора и калибровочных данных используются файлы следующих типов. Вы можете сохранять и затем вызывать настройки прибора и калибровочные данные для всех каналов, используемых в данный момент анализатором. Эти типы файлов распознаются только анализаторами VNA компании Keysight. Подробнее об этих типах файлов. • *.csa — служит для сохранения состояния прибора и фактических данных массива калибровочных коэффициентов (архив данных по калибровке/состояниям) — настройка по умолчанию. • *.cst — служит для сохранения состояния прибора и ссылки на данные массива калибровочных коэффициентов. • *.sta — служит ТОЛЬКО для сохранения состояния прибора (без калибровочных данных). • *.cal — служит ТОЛЬКО для сохранения калибровочных данных (без состояния прибора). Примечание. Чтобы сохранить экран в файл графического формата .bmp, .jpg или .png, щелкните по File / Print to File. Подробнее. Save (Сохранить): нажмите, чтобы сохранить файл с указанным именем в выбранной папке.

Сохранение результатов измерений анализатора VNA

Порядок сохранения результатов измерений
С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки 1. Нажмите **Save Recall** > ***Save Other*** > **Save Data...**
Save Data As (Сохранить данные как): нажмите, чтобы сохранить текущий график (графики) в файл указанного типа. Примечание. Данное диалоговое окно теперь содержит настройки, которые ранее требовалось выбрать в старом диалоговом окне Define Data Save (Определение операций сохранения данных).
Команды программирования

Справка диалогового окна Save Data As (Сохранить данные как)

Примечание. Перед тем как сохранить результаты измерений, всегда запускайте однократное измерение, после чего дайте каналу перейти в режим удержания. Этим обеспечится сохранение полного графика с результатами измерений.

Примечание. Графики из памяти НЕ могут быть сохранены ни в одном типе файла (PRN, SNP, CTI, CSV, MDF).

Save in (Сохранить в): нажмите, чтобы указать папку, в которой требуется сохранить файл.

File name (Имя файла): показывает имя файла, которое было либо набрано, либо выбрано в окне содержания папки.

Примечание. Длина имени файла (без учета описания пути сохранения) НЕ ДОЛЖНА превышать 64 символов.

Save as type (Тип сохраняемого файла): выберите один из следующих типов файла (щелкните по каждому типу, чтобы узнать больше о каждом типе файла): *.prn, *.SNP, *.SNPX. *.cti (citifile), *.csv, *.mdf.

- Данные классов FCA, GCA, Swept IMD и Swept IMDx могут быть сохранены в специальном формате csv. Узнайте, как это сделать (FCA, GCA - Swept IMD).
- График и шумовые параметры (*.snp) — сохраняйте шумовые и S-параметры. Подробнее.
- Чтобы сохранить экран в файл графического формата .bmp, .jpg или .png, щелкните по File / Print / Print to File.
- Сохраняйте данные по неопределенности (опция S93015A) (*.u*p, *.dsd, *.sdatcv).

Data Scope (Объем данных)

Позволяет определить, какие графики должны быть сохранены в файл. Данная опция доступна ТОЛЬКО для типов файла *.cti, *.csv и *.mdf.

- Auto (Авто)
    - Если коррекция отключена, выполняется сохранение указанного графика.
    - Если коррекция включена, выполняется сохранение всех скорректированных параметров, связанных с откалиброванными портами в массиве калибровочных коэффициентов.
    - Для каналов GCA и Swept IMD выполняется сохранение только активного графика.
- Single Trace (Одиночный график): выполняется сохранение активного графика.
- Displayed Traces (Отображаемые графики): выполняется сохранение всех отображаемых графиков для всех каналов.
- Channel Traces (Графики в канале): выполняется сохранение всех отображаемых графиков для активных каналов.

Format (Формат)

Позволяет выбрать формат данных. Доступно со следующими форматами (отформатированный CTI , CSV, SNP, MDIF):

- Auto (Авто): данные сохраняются в формате LogMag (амплитуда в логарифмических координатах) или LinMag (амплитуда в линейных координатах), если один из них является выбранным в данный момент форматом отображения. Если формат отличается от указанных, данные сохраняются в формате Real/Imag (действительная/мнимая часть).
- LogMag/Angle (dB/deg), LinMag/Angle (unit/deg), Real/Imaginary (логарифмическая амплитуда/угол (дБ/град), линейная амплитуда/угол (ед./град), действительная/мнимая часть): выберите формат вывода данных.
- **Мнимая часть всех данных в форматах LogMag и LinMag сохраняется в**

градусах (дБ/град).

- **Сглаживание к данным в формате Real/Imaginary никогда не применяется.**
- Displayed Format (Отображаемый формат) (только для CSV и MDIF): данные сохраняются в формате отображаемого графика.

Примечание. В файлах .prn может быть сохранен только активный график в отображаемом формате.

Save (Сохранить): нажмите, чтобы сохранить файл с указанным именем в выбранной папке.

Cancel (Отменить): нажмите, чтобы закрыть диалоговое окно.

Help (Справка): нажмите, чтобы показать справку диалогового окна Save Data As.

Вызов файла

Порядок вызова (открытия) файла	
С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки	С помощью мыши
1. Нажмите **Save Recall** > ***Recall***.	1. Щелкните File 2. Выберите Recall Data...

Команды программирования

Справка программной вкладки Save Recall > Recall (Вызов сохраненных данных > Вызов)

Recall State (Вызов состояния): нажмите, чтобы вызвать файл с указанным именем.

Recall State (Вызов состояния): выберите файл из списка, показанного на программных кнопках. В зависимости от предпочтений, данный список может быть отсортирован по времени последнего использования или в алфавитном порядке. Настройки предпочтений отображаются внизу на второй странице программных кнопок со списком вызываемых файлов или в диалоговом окне Preference(Предпочтительные настройки).

Recall State... (Вызвать состояние...): нажмите, чтобы открыть диалоговое окно Recall (Вызвать).

Recall Register (Вызвать реестр): нажмите, чтобы вызвать реестр (с 1-го по 8-й), сохраненный на диске «D:\» (может быть вызван только сохраненный реестр).

Recall Calset... (Вызвать массив калибровочных коэффициентов): нажмите, чтобы открыть диалоговое окно Recall (Вызвать). Recall Data... (Вызвать данные): нажмите, чтобы открыть диалоговое окно Recall (Вызвать).

Recall Order (Порядок вызова): список файлов для вызова может быть отсортирован в соответствии с именем (NAME) или по времени последнего использования (RECENT).

Справка диалогового окна Recall (Вызвать)
Look in (Искать в): нажмите, чтобы выбрать папку, где находится файл, который требуется вызвать. Filename (Имя файла): показывает имя файла, которое было либо набрано, либо выбрано в окне содержания папки. Files of type (Тип файла): нажмите, чтобы просматривать и выбирать файлы, перечисленные по категориям, соответствующим типу файла. Анализатор может вызывать файлы следующих типов: все файлы состояния, файлы Citi и файлы SNP. **Вызов файлов состояния прибора** При вызове файла состояния прибора производится замена текущего состояния прибора на состояние, сохраненное в вызванном файле. Файлы *.cal содержат только калибровочные данные без данных о состоянии прибора. Подробнее о состояниях прибора. См. также Включение и выключение питания во время сохранения/вызова, применения пользовательских или заводских предварительных настроек. **Вызов файлов с данными** С помощью анализатора можно вызывать и просматривать файлы Citi и SNP. 1. Щелкните по File и затем выберите Recall. 2. Выберите Citifile Data или Snp. 3. Укажите файл, который требуется вызвать. 4. Нажмите Recall. **Примечание.** Файлы Citi, которые были сохранены с использованием развертки по времени с непрерывной волной, НЕ могут быть вызваны анализатором VNA. Примечание. Файлы с именем длиной больше 64 символов (без учета описания пути сохранения) НЕ могут быть вызваны. Вызванные данные ВСЕГДА отображаются с использованием формата амплитуды в логарифмических координатах, независимо от того, как был сохранен файл. Канал переводится в режим удержания запуска. Если запуск триггера будет возобновлен, данные будут перезаписаны. Вызванные файлы SNP отображаются в одном окне с одним каналом, начиная с наибольшего доступного номера канала, допускаемого анализатором. Для файлов SNP с данными по нескольким портам (больше 4 портов), если число S-параметров в файле превышает максимальное число графиков в одном окне, будет создано новое окно. Вызванные файлы Citi отображаются в окне и канале с той же конфигурацией, которая была на момент их сохранения. Однако номера новых вызванных каналов начинаются с наибольшего номера канала, допускаемого анализатором, с уменьшением номера для каждого дополнительного канала. Например, когда был сохранен файл Citi, в окне 1 с каналом 1 отображались два графика и в окне 2 с каналом 2 отображались еще два графика. При вызове, когда анализатор находился в состоянии с предварительно заданными заводскими настройками (1 график в окне 1 с каналом 1), первые два вызванных графика отобразились в окне 2 с наибольшим номером канала, а другие два графика — в окне 3 с каналом, соответствующим наибольшему номеру канала минус 1. См. также тему «Графики, каналы и окна». Recall (Вызов): нажмите, чтобы вызвать файл, отображаемый в поле с именем файла.

Файлы состояния прибора / калибровки

Вы можете сохранять и затем вызывать настройки прибора и калибровочные данные для всех каналов, используемых в данный момент анализатором.

Состояние прибора содержит практически все настройки анализатора. Следующие настройки НЕ сохраняются и НЕ вызываются вместе с состоянием прибора:

- адрес GPIB
- включенное/выключенное питание ВЧ-тракта (зависит от текущей настройки)
- настройки входа/выхода испытательной схемы

Для сохранения и вызова информации о состоянии прибора и массивах калибровочных коэффициентов используются файлы следующих типов:

Тип файла	**Сохраняемая информация по каждому каналу**				
.csa	.cst		.sta	Информация о состоянии прибора	
				Каналы/графики	Усреднение
				Окна	Маркеры
				Запуск триггера	Математические функции/память
				Формат	Пределы
				Масштабный	Больше...
				Информация об испытательном сигнале	
				Диапазон частот	Свипирующая развертка
				Количество точек	Мощность на порту
				Ширина полосы пропускания по промежуточной частоте	Аттенюаторы источника
				Тип развертки	Аттенюаторы приемника
				Режим развертки	Карта портов измерительного блока
		.cal		**Информация о массивах калибровочных коэффициентов**	
				GUID (глобальный уникальный идентификатор) обеспечивает ссылку на массив калибровочных коэффициентов	
				Название, описание, дата изменения	
				Информация об испытательном сигнале	
				Диапазон частот	Свипирующая развертка
				Количество точек	Мощность на порту
				Ширина полосы пропускания по промежуточной частоте	Аттенюаторы источника
				Тип развертки	Аттенюаторы приемника
				Режим развертки	Карта портов

				измерительного блока
				Параметры погрешности: направленность, перекрестные помехи, согласование источника, согласование нагрузок, неравномерность коэффициента передачи, корреляция коэффициента передачи

Описания типов файла и вызов файлов

Приложения

Приложение преобразователя частоты

Приложение преобразователя частоты (FCA) включает как скалярные (SMC), так и векторные (VMC) измерения и калибровки. В данной теме:

Разъяснения по опциям FCA
Сравнение VMC с SMC
Требования и ограничения
Порядок выполнения измерений SMC или VMC
Создание измерения
Выполнение настроек измерения
Вкладка Sweep (Развертка)
Сегментированная развертка
Вкладка Power (Мощность)
Вкладки Mixer Setup (Настройка смесителя) (отдельная тема)
Выбор режима отображения по оси X
Сохранение данных графиков
Устранение паразитных сигналов

См. также

Измерения SMC и калибровка
SMC + фаза
Измерения VMC и калибровка
SMC с входным усилителем
Измерение испытуемого устройства с встроенным гетеродином

Примеры

Порядок выполнения измерений VMC
Порядок выполнения измерений SMC

Другие темы раздела «Приложения»

Разъяснения по опциям FCA

Опция S93083A содержит приложение FCA, которое включает скалярные измерения смесителей (SMC) и векторные измерения смесителей (VMC).

Опция S93082A предоставляет возможность ТОЛЬКО измерений SMC. Это ЕДИНСТВЕННАЯ опция FCA, которая может использоваться с N5230C.

Опция S93084A предоставляет возможность измерений устройств с встроенным гетеродином. Для данной опции требуется одно из

приложений преобразователя.

Сравнение SMC с VMC

	Скалярная калибровка смесителей (SMC) См. схему оборудования	Векторная калибровка смесителей (VMC) См. схему оборудования
Обзор	Обеспечивает наивысшую точность скалярных измерений потерь на преобразование/усиления при преобразовании. В качестве опции возможно измерение фазы. Сочетает в себе калибровку SOLT и калибровку по измерителю мощности. Более простая настройка по сравнению с векторной калибровкой смесителей.	Обеспечивает непревзойденную точность измерений относительной фазы и абсолютного группового времени запаздывания. При выполнении калибровки использует меры SOLT в сочетании с парой взаимный смеситель/фильтр. Более сложная настройка и процедура калибровки по сравнению со скалярной калибровкой смесителей. После калибровки можно с легкостью проводить измерения как взаимных, так и невзаимных смесителей и преобразователей.
Возможности измерений	Как в прямом, так и в обратном направлении. Испытуемое устройство может быть подключено к любым портам VNA.	Амплитудная характеристика VC21 Фазовая характеристика Групповое время запаздывания Вход испытуемого устройства должен быть подключен к порту 1 VNA. Выход испытуемого устройства может быть подключен к любому другому порту VNA.
Требуемое оборудование	Измеритель мощности и датчик	Эталонный смеситель Сочетание калибровочный смеситель/фильтр (должно быть взаимным, S21 = S12)
	Общее оборудование для SMC и VMC Механический калибровочный набор или модуль ECal	

См. сравнение определения характеристик смесителей с использованием новых методик векторного определения характеристик.

Требования и ограничения

Следующие функциональные возможности анализатора VNA НЕдоступны при использовании вместе с FCA:

Свипирующая развертка (только режим пошаговой развертки)

Логарифмическая частотная развертка

Пользовательские характеристики с модулями ECal (НЕ могут создаваться в канале FCA)

Измерения во временной области

Измерения балансных устройств

Управление интерфейсом

Расширения портов

Некоторые функциональные возможности по удалению влияния измерительной оснастки

Управление внешним измерительными блоками (опция S93551A)

PMAR (измеритель мощности, используемый в качестве приемника)

Порядок выполнения измерений SMC или VMC

Измерения с использованием приложения FCA выполняются в следующем порядке:

РЕШИТЬ, какие измерения будут проводиться — SMC или VMC. См. сравнение этих двух видов измерений.

СОЗДАТЬ измерение SMC или VMC.

Выполнить НАСТРОЙКУ измерений.

Выполнить КАЛИБРОВКУ своего измерения SMC или VMC.

Создание измерения SMC или VMC

Нажмите **Setup** > ***Main*** > **Meas Class...** Выберите SMC или VMC и затем нажмите:

либо OK, чтобы удалить существующее измерение;

либо New Channel, чтобы создать измерение в новом канале.

На экране появится измерение SMC или VMC с настройками по умолчанию.

Подробная информация о параметрах, предусмотренных для каждого из этих измерений, содержится в разделах «Измерения SMC» и «Измерения VMC».

Порядок настройки измерений SMC или VMC	
С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки Нажмите **Freq** > ***Main*** > **SMC Setup...** или **VMC Setup...**	С помощью мыши Щелкните по Stimulus Выберите Frequency Выберите SMC или VMC Frequency...
Команды программирования	

Действительные сочетания конфигурации смесителя и типа развертки

Поначалу конфигурирование с помощью диалогового окна настройки измерений SMC и VMC может показаться сложным. Для информирования о недействительной настройке в нижней части данного диалогового окна появляются сообщения, выделенные КРАСНЫМ цветом.

Unsupported mixer configuration and sweep type

Как минимум один из диапазонов (вход, гетеродин или выход) ДОЛЖЕН быть фиксированным.

В следующей таблице перечислены действительные конфигурации смесителя:

Тип развертки	Вход	Гетеродин	Выход
Линейная	Со свипированием Со свипированием Фиксированный режим	Со свипированием Фиксированный режим Со свипированием	Фиксированный режим Со свипированием Со свипированием
Непрерывная волна по времени Развертка мощности	Фиксированный режим	Фиксированный режим	Фиксированный режим

Советы

В скором времени вы сможете уверенно пользоваться данными вкладками, однако на начальном этапе рекомендуется заполнять в нижеописанной последовательности.

Для двухступенчатых смесителей выберите настройки Mixer Setup (Настройка смесителя).

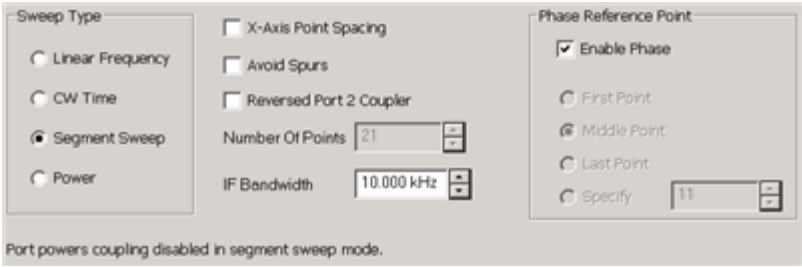
Выберите настройки во вкладке Sweep (Развертка).

Выберите настройки Mixer Frequency (Частота смесителя). Выберите настройки Power (Мощность).

Выберите настройки Mixer (LO) Power (Мощность (гетеродина) смесителя).

Следующие настройки FCA являются общими для VMC и SMC:

Справка вкладки Sweep (Развертка) диалогового окна SMC и VMC



Sweep Type (Тип развертки)

Linear Sweep frequency (Линейная развертка по частоте): измерения отображаются на стандартной сетке с 10 делениями по горизонтали через равный интервал. Узнайте, как выбрать диапазон для отображения по оси X.

CW Time (Время непрерывной волны): все диапазоны устанавливаются на фиксированную частоту (непрерывной волны) и данные отображаются как функция времени.

Segment Sweep (Сегментированная развертка): свипирование в сегментах, заданных пользователем. Подробнее.

Power (Развертка мощности): применяется к мощности входного сигнала или сигнала гетеродина.

X-axis Point Spacing (Интервал между точками по оси X) **(доступно только с сегментированной разверткой): подробнее об этой опции**.

Avoid Spurs (Устранение паразитных сигналов): подробнее об этой опции.

Reversed Port 2 Coupler (Обратное сопряжение порта 2) (ТОЛЬКО для SMC): поставьте флажок при выполнении измерений SMC с обратным сопряжением порта 2. Как это сделать. Делайте это, чтобы повысить мощность на низких частотах. При поставленном флажке происходит следующее:

измерения будут выполняться быстрее, так как уменьшение ширины полосы пропускания по промежуточной частоте для измерений SC21 больше не производится;

калибровка SMC больше не пытается выровнять мощность на порту 2 (на этих низких частотах невозможно выровнять мощность через блок сопряжения). Это препятствует выдаче анализатором VNA ошибок «Источник не сбалансирован» для порта 2.

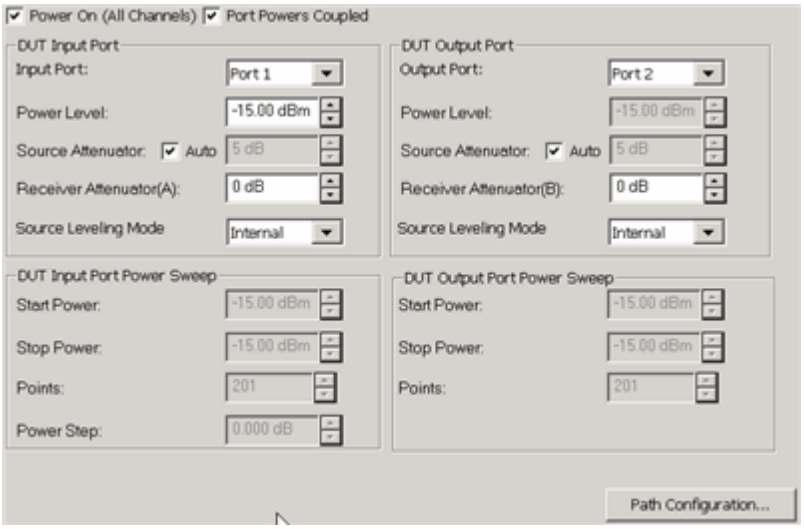
Number of Points (Количество точек): подробнее об этой опции.

IF Bandwidth (Ширина полосы пропускания по промежуточной частоте): подробнее об этой опции.

Phase Reference Point (Контрольная точка измерения фазы) (ТОЛЬКО для SMC): подробнее об этой опции.

Подробнее об этих кнопках.

Справка вкладки Power (Мощность) диалогового окна SMC и VMC
Примечание. Настройка мощности сигнала гетеродина выполняется во вкладке Mixer (LO) Power.



С помощью данной вкладки производится настройка мощности на входе и выходе для измерений с использованием приложения FCA. Для настройки мощности сигнала гетеродина используйте вкладку Mixer Power.

Power ON (All channels) (Питание включено — все каналы): поставьте флажок, чтобы включить питание ВЧ-тракта, или снимите флажок, чтобы выключить питание во всех каналах.

Port Powers Coupled (Связывание мощности портов): поставьте флажок, чтобы на входном и выходном портах испытуемого устройства был одинаковый уровень мощности. К мощности сигнала гетеродина связывание НЕ применяется. Снимите флажок, чтобы задать уровни мощности независимо для каждого измерительного порта. Снимите связывание мощности, например чтобы приложить больше мощности в обратном направлении, чем в прямом. Подробнее о независимой настройке мощности на портах.

DUT Input/Output Port (Входной/выходной порт испытуемого устройства)

Выберите порт анализатора VNA, который соединен с входом и выходом испытуемого устройства. В случае измерений VMC вход испытуемого устройства должен быть всегда соединен с портом 1 анализатора VNA из-за необходимости в эталонном смесителе на порту 1.

Power Level (Уровень мощности): задайте уровень мощности на входном порту испытуемого устройства. Чтобы задать мощность на выходном порту, снимите флажок с поля Port Powers Coupled.

Source Attenuator Auto (Аттенюатор источника: авто): поставьте флажок для автоматического выбора корректного ослабления для достижения заданной мощности на входе. Снимите флажок и затем выберите настройку аттенюатора, используемую для достижения заданного уровня мощности. Подробнее об аттенюации источника.

Для всех каналов анализатора VNA, работающих с непрерывной разверткой, должна быть задана одинаковая настройка ослабления. Подробнее.

Receiver Attenuator (Аттенюатор приемника): укажите настройку аттенюатора приемника для порта испытуемого устройства.

Source Leveling (Режим выравнивания источника): выберите один из следующих вариантов: Internal (внутреннее выравнивание — нормальная работа), Open Loop (разомкнутый контур — используется только для широкополосных импульсных измерений) или Receiver - R1 (приемник — R1) для выравнивания приемника.

DUT Input/Output Port Power Sweep (Развертка мощности на входном/выходном порту испытуемого устройства)

Данные опции доступны, если во вкладке Sweep выбран тип развертки Power.

Input Start Power, Input Stop Power (Входная начальная мощность и входная конечная мощность): чтобы задать начальную и конечную мощность на выходном порту, снимите флажок с поля Port

Powers Coupled.

Примечание. Если для вашего испытуемого устройства требуется более высокая входная мощность, чем та, которую обеспечивает данная настройка при частоте ниже 3,2 ГГц, используйте режим высокой мощности VNA-X Hi-power, доступный в диалоговом окне RF Path Configuration (Настройка конфигурации ВЧ-тракта). Однако данное решение имеет недостаток, заключающийся в повышенном содержании гармоник.

Power Points (Точки измерения мощности): требуемое число точек измерения мощности.

Power Step (Шаг или размер приращения мощности): значение, вычисляемое по текущим настройкам начальной мощности, конечной мощности и числа точек измерения мощности. Данная настройка НЕ допускает прямого изменения.

Path Configuration (Конфигурация тракта): нажмите, чтобы открыть диалоговое окно RF Path Configuration (Настройка конфигурации ВЧ-тракта).

Подробнее об этих кнопках.

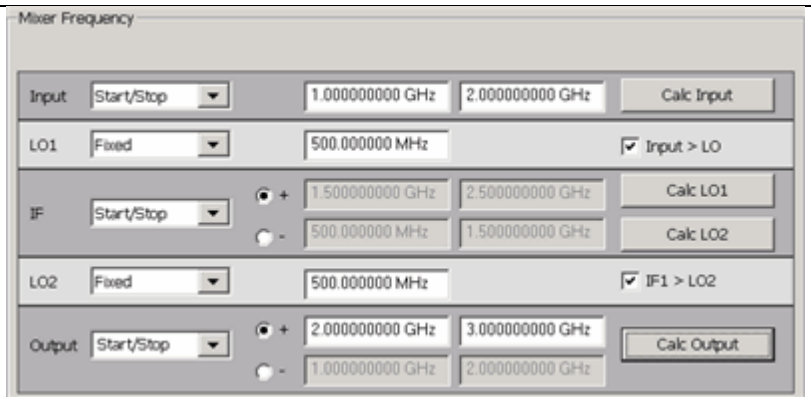
Следующие вкладки используются всеми приложениями для измерения смесителей/преобразователей:

Вкладка Mixer Frequency (Частота смесителя)

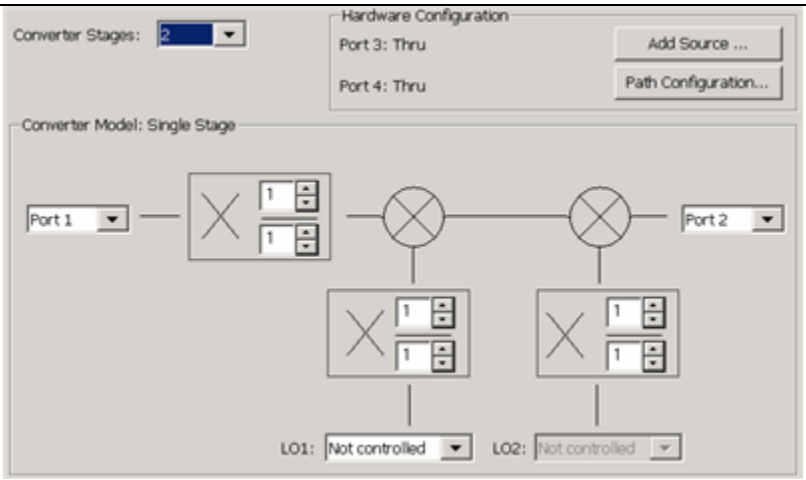
Вкладка Mixer (LO) Power (Мощность (гетеродина) смесителя)

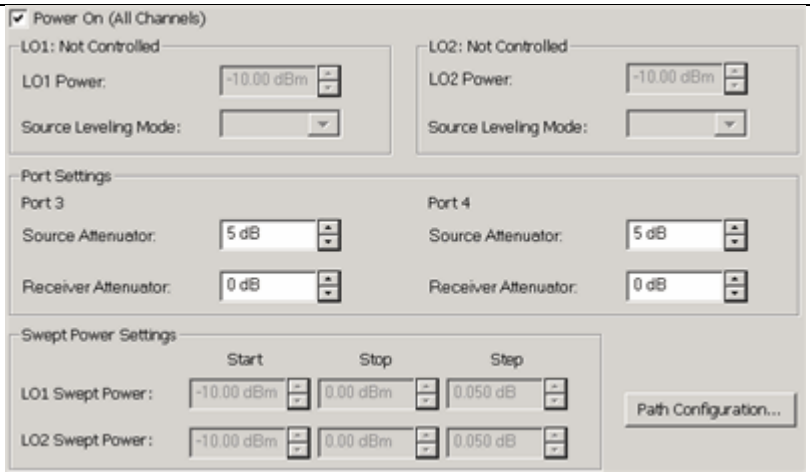
Вкладка Mixer Setup (Настройка смесителя)

Справка вкладки Mixer Frequency (Частота смесителя) диалогового окна SMC и VMC



Подробнее об этом диалоговом окне.

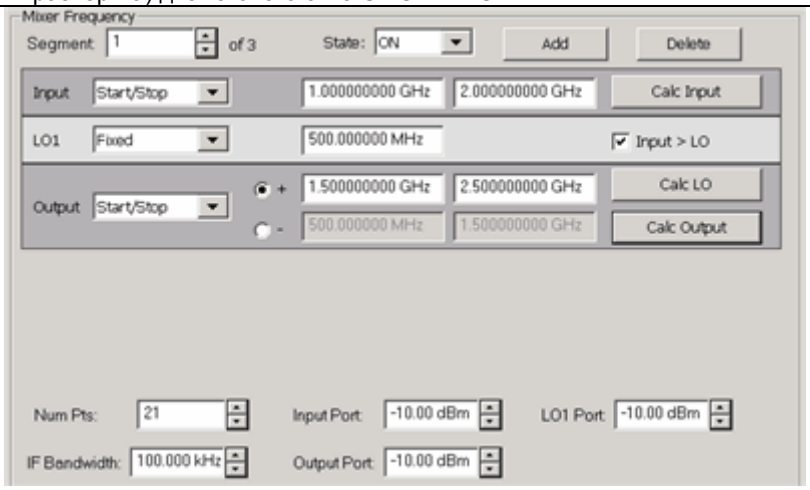
Справка вкладки Mixer Setup (Настройка смесителя) диалогового окна SMC и VMC

Подробнее об этом диалоговом окне.

Справка вкладки Mixer (LO) Power (Мощность (гетеродина) смесителя) диалогового окна SMC и VMC

Подробнее об этом диалоговом окне.

Сегментированная развертка FCA

Следующие настройки становятся доступны во вкладке Mixer Frequency, когда во вкладке Sweep выбрана опция Segment Sweep.

Справка вкладки Mixer Frequency - Segment Sweep (Частота смесителя — сегментированная развертка) диалогового окна SMC и VMC



Порядок настройки сегмента:

Нажмите Add (Добавить). Нажмите Delete (Удалить), чтобы удалить сегмент и перенумеровать все последующие сегменты.

По умолчанию поле State (Состояние) имеет значение ON (Включено). Выберите OFF (Выключено), чтобы данный сегмент не включался в развертку. Задайте настройки частоты для диапазонов входного сигнала, сигнала гетеродина и сигнала на выходе.

Для каждого сегмента применяются одинаковые требования к развертке, как для стандартной (не сегментированной) развертки. Например, по меньшей мере один диапазон ДОЛЖЕН быть фиксированным (начальная частота равна конечной частоте).

ДОПУСКАЕТСЯ перекрытие частоты входного сигнала, частоты выходного сигнала и частоты сигнала гетеродина между сегментами.

Во всех сегментах направление развертки должно быть либо прямым (начальная частота меньше конечной), либо обратным (начальная частота больше конечной). Смешанные направления развертки НЕ допускаются.

Следующие настройки могут быть заданы независимо для каждого сегмента:

Количество точек — общее количество точек во всех сегментах ограничено максимальным количеством, допускаемым анализатором VNA. Ширина полосы пропускания по промежуточной частоте

Мощность на портах: (вход, выход, LO1, LO2). Данные настройки заменяют собой настройки во вкладке Power.

Следующие настройки применяются ко ВСЕМ сегментам:

Число ступеней преобразователя/смесителя (1 или 2). Выбор источника сигнала гетеродина.

Все умножители и делители входного сигнала и сигнала гетеродина.

Настройки аттенюаторов источника и приемника.

Выравнивание источника.

Устранение паразитных сигналов.

Номинальная мощность прямого сигнала (только для SMC).

Режим отображения по оси X (вход, LO1, LO2, выход). Чтобы эта настройка стала доступной, необходимо иметь не менее двух точек данных.

Интервал между точками по оси X (в отличие от нормального интервала между точками).

SMC + фаза

Данные по сегментированной развертке для измерения смесителей могут быть сохранены в файл *.S2PX (но НЕ в файл *.S2P). Информация о настройках сегментов для измерения смесителей сохраняется в файл *.MXRX. Подробнее.
Save... Load... Подробнее об этих кнопках.

Применение и интерполирование массивов калибровочных коэффициентов FCA

Как правило, если массив калибровочных коэффициентов охватывает более широкий диапазон частот по сравнению с каналом, при применении такого массива анализатор VNA предложит выполнить его интерполирование. Подробнее. Однако в измерениях с использованием FCA может также приниматься во внимание диапазон частот гетеродина.

При измерениях VMC ВСЕГДА УЧИТЫВАЕТСЯ диапазон частот гетеродина и применяется интерполяция, если это возможно. Если диапазон частот гетеродина, заданный для измерений, НЕ находится внутри диапазона частот гетеродина, заданного в массиве калибровочных коэффициентов, то такой массив НЕ может быть применен.

При измерениях SMC диапазон частот гетеродина НИКОГДА не принимается во внимание. Таким образом, если диапазоны частот на входе и выходе, заданные для измерений, находятся внутри аналогичных диапазонов, заданных в массиве калибровочных коэффициентов, то такой массив, если потребуется, будет интерполирован и применен. Например, это позволит выполнить ОДНУ калибровку SMC с диапазоном на входе, равным диапазону частот VNA, частотой сигнала гетеродина, равной 0 Гц, и диапазоном на выходе, равным диапазону на входе плюс диапазон частот VNA. Такой массив калибровочных коэффициентов может быть применен ко ВСЕМ измерениям SMC. Подробнее о применении массивов калибровочных коэффициентов SMC.

Те же общие концепции применяются и к сегментированной развертке. Однако если НИ ОДИН из применимых диапазонов частот (SMC: сигнал на входе и сигнал на выходе; VMC: сигнал на входе, сигнал на выходе и сигнал гетеродина) НЕ находится внутри соответствующих диапазонов для измерений, заданных для ОДНОГО сегмента, то такой массив калибровочных коэффициентов НЕ будет применяться НИ К ОДНОМУ сегменту.

Выбор режима отображения по оси X для измерений FCA

Нажмите **Sweep** > ***Main*** > **X-Axis Type** и затем выберите требуемый режим.

Если выбран тип развертки Linear (линейная), для оси X может быть задано отображение диапазона частот любого из переменных параметров развертки.

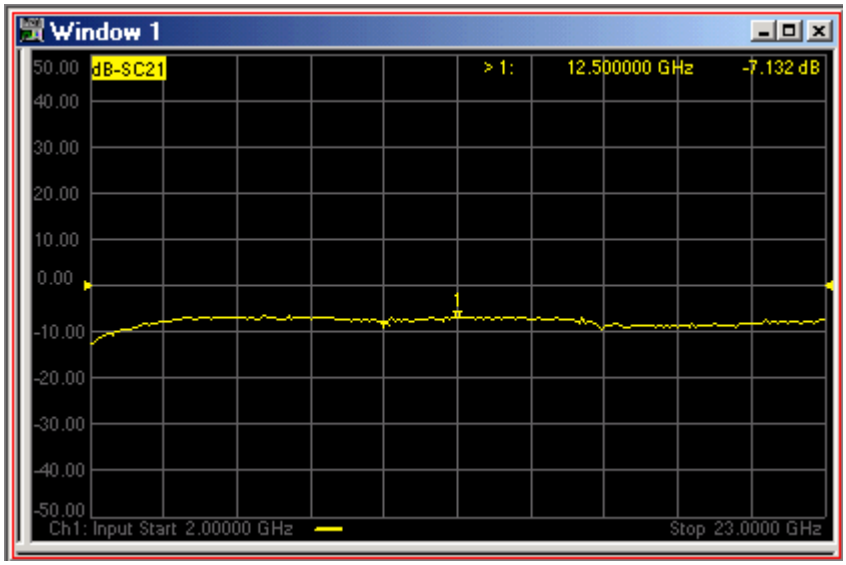
Например, на следующем рисунке показан фиксированный выходной отклик SMC с отображением по оси X диапазона частот на входе:

Выход: 100 МГц (график с результатами измерений)

Вход: от 2 до 23 ГГц (ось X)

Гетеродин: от 1,9 до 22,9 ГГц (не показано)

Аннотация маркера показывает выходную мощность при частоте на входе.



Сохранение данных графика

Данные измерений в приложении FCA могут быть сохранены в нескольких стандартных форматах.

Нажмите **Save Recall** > ***Save Other*** > **Save Data...**

Ниже показано, как сохраняются файлы CSV и SNP.

Данные графика для смесителя

При выборе опции Mixer Trace Data (Данные графика для смесителя) данные FCA сохраняются в файл CSV в следующем формате:

#MIXER TRACE FILE,A.01.00

SegIndex, InputFreq, OutputFreq, LO1Freq, InputPower, LO1Power, SC21 Mag (dB), SC21 Phase (Deg) (Индекс сегмента, частота на входе, частота на выходе, частота гетеродина LO1, мощность сигнала на входе, мощность сигнала гетеродина LO1, амплитуда SC21 (дБ), фаза SC21 (град)).

Формат SNP

Каждая запись содержит 1 величину стимула и 4 параметра (всего 9 значений) в следующем формате:

Stim Real(p1) Imag(p1) Real(p2) Imag(p2) Real(p3) Imag(p3) Real(p4) Imag(p4) (Величина стимула Действительная часть (p1) Мнимая часть (p1) Действительная часть (p2) Мнимая часть (p2) Действительная часть (p3) Мнимая часть (p3) Действительная часть (p4) Мнимая часть (p4))

где pX — параметр, зависящий от типа измерений:

Тип измерений	p1	p2	p3	p4
Скалярные	S11	SC21 (прям.)	SC12 (обр.)	S22
Векторные	S11	VC21	VC12	S22
Определение характеристик смесителя	Направленность	Согласование источника	Неравномерность коэффициента передачи	M21

Если коррекция выключена, данные сохраняются только для активного параметра. Для всех остальных параметров сохраняются нулевые значения.

Если коррекция включена, данные сохраняются для всех параметров.

Все файлы содержат следующую информацию в заголовке: в скобках [ ] содержатся параметры.

!Keysight [Номер модели прибора]: [Версия]
!Mixer S2P File: [Тип измерений смесителя]
!Parameters: [Список параметров]
!Calibration State: [вкл./выкл.]

!# Begin Mixer Setup
![Здесь перечисляются параметры настройки смесителя]
![Параметр смесителя 1]
.
.
![Параметр смесителя n]
!# End Mixer Setup
[Здесь приводятся данные S2P]

Устранение паразитных сигналов

В диалоговом окне Mixer Setup поставьте флажок для **Avoid Spurs**

Функция устранения паразитных сигналов в приложении преобразователя частоты служит для предотвращения появления нежелательных результатов смешения на экране анализатора VNA. Функция устранения паразитных сигналов не оказывает существенного влияния на скорость измерений.

Примечание. В целях калибровки FCA функция устранения паразитных сигналов по умолчанию остается выключенной. Для максимальной точности функция устранения паразитных сигналов во время измерений должна иметь тот же статус (включена или выключена), который она имела при калибровке.

Описание

Под паразитными сигналами понимаются нежелательные результаты смешения двух сигналов. При настройке конфигурации в диалоговом окне настройки смесителя для требуемого выхода анализатор VNA рассчитывает частоты возможных нежелательных сигналов. Путем манипулирования внутренними аппаратными средствами VNA предотвращается появление этих сигналов на экране VNA. Это позволяет отказаться от использования внешних фильтров для предотвращения появления паразитных сигналов на экране VNA.

В зависимости от числа точек данных в выполняемых измерениях, требуемое время для вычисления анализатором VNA частот нежелательных паразитных сигналов МОЖЕТ быть значительным.
Однако после выполнения такого расчета требуемое время для устранения анализатором VNA паразитных сигналов, как правило, становится незначительным.

Ограничения

Функция устранения паразитных сигналов не обеспечивает полную защиту от всех паразитных сигналов. Однако если имеется выбор между паразитными сигналами, будет устранен самый большой паразитный сигнал.

Расчеты для устранения паразитных сигналов

Компьютер, используемый для устранения паразитных сигналов, обеспечивает защиту от следующих паразитных сигналов:

сигнал гетеродина и его взаимодействие с внутренними компонентами VNA и его 16 гармоник;
частотные сигналы на входе и их 16 гармоник;
нежелательные частоты отклика (сумма или разность) и их 16 гармоник.

Обзор приложения FCA

Приложение преобразователя частоты (FCA) включает как скалярные (SMC), так и векторные (VMC) измерения и калибровки. В данной теме:

Разъяснения по опциям FCA
Сравнение VMC с SMC
Требования и ограничения
Порядок выполнения измерений SMC или VMC

Создание измерения
Выполнение настроек измерения

Вкладка Sweep (Развертка)
Вкладка Power (Мощность)
Вкладки Mixer Setup (Настройка смесителя)
Выбор режима отображения по оси X
Сохранение данных графиков
Устранение паразитных сигналов

Другие темы раздела «Приложения»

Разъяснения по опциям FCA

Опция S93083A содержит приложение FCA, которое включает скалярные измерения смесителей (SMC) и векторные измерения смесителей (VMC).

Опция S93082A предоставляет возможность ТОЛЬКО измерений SMC. Это ЕДИНСТВЕННАЯ опция FCA, которая может использоваться с N5230C.

Опция S93084A предоставляет возможность измерений устройств с встроенным гетеродином. Для данной опции требуется одно из приложений преобразователя.

Сравнение SMC с VMC

	Скалярная калибровка смесителей (SMC) См. схему оборудования	Векторная калибровка смесителей (VMC) См. схему оборудования

Обзор	Обеспечивает наивысшую точность скалярных измерений потерь на преобразование / усиления при преобразовании. В качестве опции возможно измерение фазы. Сочетает в себе калибровку SOLT и калибровку по измерителю мощности. Более простая настройка по сравнению с векторной калибровкой смесителей.	Обеспечивает непревзойденную точность измерений относительной фазы и абсолютного группового времени запаздывания. При выполнении калибровки использует меры SOLT в сочетании с парой взаимный смеситель/фильтр. Более сложная настройка и процедура калибровки по сравнению со скалярной калибровкой смесителей. После калибровки можно с легкостью проводить измерения как взаимных, так и невзаимных смесителей и преобразователей.
Возможности измерений	Как в прямом, так и в обратном направлении. Испытуемое устройство может быть подключено к любым портам VNA.	Амплитудная характеристика VC21 Фазовая характеристика Групповое время запаздывания Вход испытуемого устройства должен быть подключен к порту 1 VNA. Выход испытуемого устройства может быть подключен к любому другому порту VNA.
Требуемое оборудование	Измеритель мощности и датчик	Эталонный смеситель Сочетание калибровочный смеситель/фильтр (должно быть взаимным, S21 = S12)
	Общее оборудование для SMC и VMC Механический калибровочный набор или модуль ECal	

См. сравнение определения характеристик смесителей с использованием новых методик векторного определения характеристик.

Требования и ограничения

Следующие функциональные возможности анализатора VNA НЕдоступны при использовании вместе с FCA:

Свипирующая развертка (только режим пошаговой развертки)

Логарифмическая частотная развертка

Пользовательские характеристики с модулями ECal (НЕ могут создаваться в канале FCA)

Измерения во временной области

Измерения балансных устройств

Управление интерфейсом

Расширения портов

Некоторые функциональные возможности по удалению влияния измерительной оснастки

Управление внешним измерительными блоками (опция S93551A)

PMAR (измеритель мощности, используемый в качестве приемника)

Порядок выполнения измерений SMC или VMC

Измерения с использованием приложения FCA выполняются в следующем порядке:

РЕШИТЬ, какие измерения будут проводиться — SMC или VMC. См. сравнение этих двух видов измерений.

СОЗДАТЬ измерение SMC или VMC.

Выполнить НАСТРОЙКУ измерений.

Выполнить КАЛИБРОВКУ своего измерения SMC или VMC.

Создание измерения SMC или VMC

Нажмите **Setup** > ***Main*** > **Meas Class...** Выберите SMC или VMC и затем нажмите:

либо OK, чтобы удалить существующее измерение;

либо New Channel, чтобы создать измерение в новом канале.

На экране появится измерение SMC или VMC с настройками по умолчанию.

Порядок настройки измерений SMC или VMC	
С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки	С помощью мыши
Нажмите **Freq** > ***Main*** > **SMC Setup...** или **VMC Setup...**	Щелкните по Stimulus Выберите Frequency Выберите SMC или VMC Frequency...
Команды программирования	

Действительные сочетания конфигурации смесителя и типа развертки

Поначалу конфигурирование с помощью диалогового окна настройки измерений SMC и VMC может показаться сложным. Для информирования о недействительной настройке в нижней части данного диалогового окна появляются сообщения, выделенные **КРАСНЫМ** цветом.

Unsupported mixer configuration and sweep type

Как минимум один из диапазонов (вход, гетеродин или выход) ДОЛЖЕН быть фиксированным. В следующей таблице перечислены действительные конфигурации смесителя:

Тип развертки	Вход	Гетеродин	Выход
Линейная	Со свипированием	Со свипированием	Фиксированный режим
	Со свипированием	Фиксированный режим	Со свипированием
	Фиксированный режим	Со свипированием	Со свипированием
Непрерывная волна по времени	Фиксированный режим	Фиксированный режим	Фиксированный режим

Развертка мощности

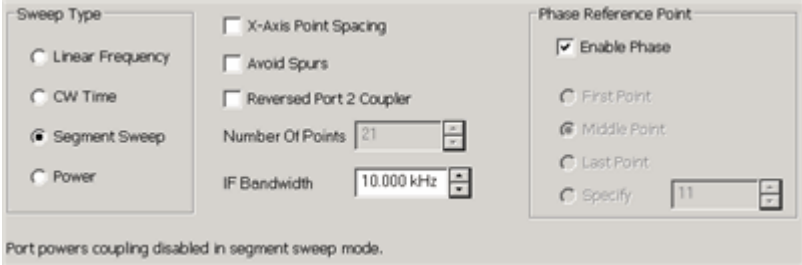
Советы

В скором времени вы сможете уверенно пользоваться данными вкладками, однако на начальном этапе рекомендуется заполнять в нижеописанной последовательности.

Для двухступенчатых смесителей выберите настройки Mixer Setup (Настройка смесителя). Выберите настройки во вкладке Sweep (Развертка).
Выберите настройки Mixer Frequency (Частота смесителя). Выберите настройки Power (Мощность).
Выберите настройки Mixer (LO) Power (Мощность (гетеродина) смесителя).

Следующие настройки FCA являются общими для VMC и SMC:

Справка вкладки Sweep (Развертка) диалогового окна SMC и VMC



Sweep Type (Тип развертки)

Linear Sweep frequency (Линейная развертка по частоте): измерения отображаются на стандартной сетке с 10 делениями по горизонтали через равный интервал. Узнайте, как выбрать диапазон для отображения по оси X.

CW Time (Время непрерывной волны): все диапазоны устанавливаются на фиксированную частоту (непрерывной волны) и данные отображаются как функция времени.

Segment Sweep (Сегментированная развертка): свипирование в сегментах, заданных пользователем. Подробнее.

Power (Развертка мощности): применяется к мощности входного сигнала или сигнала гетеродина.

X-axis Point Spacing (Интервал между точками по оси X) **(доступно только с сегментированной разверткой): подробнее об этой опции**.

Avoid Spurs (Устранение паразитных сигналов): подробнее об этой опции.

Reversed Port 2 Coupler (Обратное сопряжение порта 2) (ТОЛЬКО для SMC): поставьте флажок при выполнении измерений SMC с обратным сопряжением порта 2. Делайте это, чтобы повысить мощность на низких частотах. При поставленном флажке происходит следующее:

измерения будут выполняться быстрее, так как уменьшение ширины полосы пропускания по промежуточной частоте для измерений SC21 больше не производится;

калибровка SMC больше не пытается выровнять мощность на порту 2 (на этих низких частотах невозможно выровнять мощность через блок сопряжения). Это препятствует выдаче анализатором VNA ошибок «Источник не сбалансирован» для порта 2.

Number of Points (Количество точек).

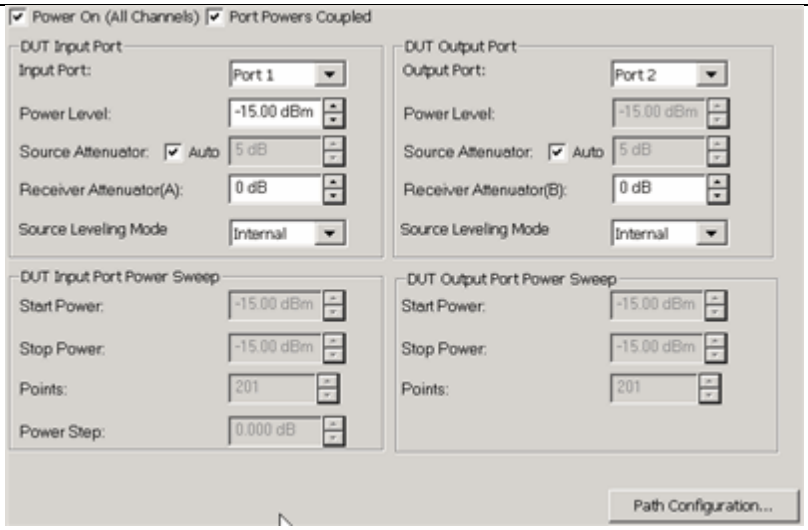
IF Bandwidth (Ширина полосы пропускания по промежуточной частоте): подробнее об этой опции.

Phase Reference Point (Контрольная точка измерения фазы) (ТОЛЬКО для SMC): подробнее об этой опции.

Подробнее об этих кнопках.

Справка вкладки Power (Мощность) диалогового окна SMC и VMC

Примечание. Настройка мощности сигнала гетеродина выполняется во вкладке Mixer (LO) Power.



С помощью данной вкладки производится настройка мощности на входе и выходе для измерений с использованием приложения FCA. Для настройки мощности сигнала гетеродина используйте вкладку Mixer Power.

Power ON (All channels) (Питание включено — все каналы): поставьте флажок, чтобы включить питание ВЧ-тракта, или снимите флажок, чтобы выключить питание во всех каналах.

Port Powers Coupled (Связывание мощности портов): поставьте флажок, чтобы на входном и выходном портах испытуемого устройства был одинаковый уровень мощности. К мощности сигнала гетеродина связывание НЕ применяется. Снимите флажок, чтобы задать уровни мощности независимо для каждого измерительного порта. Снимите связывание мощности, например чтобы приложить больше мощности в обратном направлении, чем в прямом. Подробнее о независимой настройке мощности на портах.

DUT Input/Output Port (Входной/выходной порт испытуемого устройства)

Выберите порт анализатора VNA, который соединен с входом и выходом испытуемого устройства. В случае измерений VMC вход испытуемого устройства должен быть всегда соединен с портом 1 анализатора VNA из-за необходимости в эталонном смесителе на порту 1.

Power Level (Уровень мощности): задайте уровень мощности на входном порту испытуемого устройства. Чтобы задать мощность на выходном порту, снимите флажок с поля Port Powers Coupled.

Source Attenuator Auto (Аттенюатор источника: авто): поставьте флажок для автоматического выбора корректного ослабления для достижения заданной мощности на входе. Снимите флажок и затем выберите настройку аттенюатора, используемую для достижения заданного уровня мощности. Подробнее об аттенюации источника.

Для всех каналов анализатора VNA, работающих с непрерывной разверткой, должна быть задана одинаковая настройка ослабления. Подробнее.

Receiver Attenuator (Аттенюатор приемника): укажите настройку аттенюатора приемника для порта испытуемого устройства.

Source Leveling (Режим выравнивания источника): выберите один из следующих вариантов: Internal (внутреннее выравнивание — нормальная работа), Open Loop (разомкнутый контур — используется только для широкополосных импульсных измерений) или Receiver - R1 (приемник — R1) для выравнивания приемника.

DUT Input/Output Port Power Sweep (Развертка мощности на входном/выходном порту

испытуемого устройства)

Данные опции доступны, если во вкладке Sweep выбран тип развертки Power.

Input Start Power, Input Stop Power (Входная начальная мощность и входная конечная мощность): чтобы задать начальную и конечную мощность на выходном порту, снимите флажок с поля Port Powers Coupled.
Примечание. Если для вашего испытуемого устройства требуется более высокая входная мощность, чем та, которую обеспечивает данная настройка при частоте ниже 3,2 ГГц, используйте режим высокой мощности VNA-X Hi-power, доступный в диалоговом окне RF Path Configuration (Настройка конфигурации ВЧ-тракта). Однако данное решение имеет недостаток, заключающийся в повышенном содержании гармоник.
Power Points (Точки измерения мощности): требуемое число точек измерения мощности.

Power Step (Шаг или размер приращения мощности): значение, вычисляемое по текущим настройкам начальной мощности, конечной мощности и числа точек измерения мощности. Данная настройка НЕ допускает прямого изменения.

Path Configuration (Конфигурация тракта): нажмите, чтобы открыть диалоговое окно RF Path Configuration (Настройка конфигурации ВЧ-тракта).

Подробнее об этих кнопках.

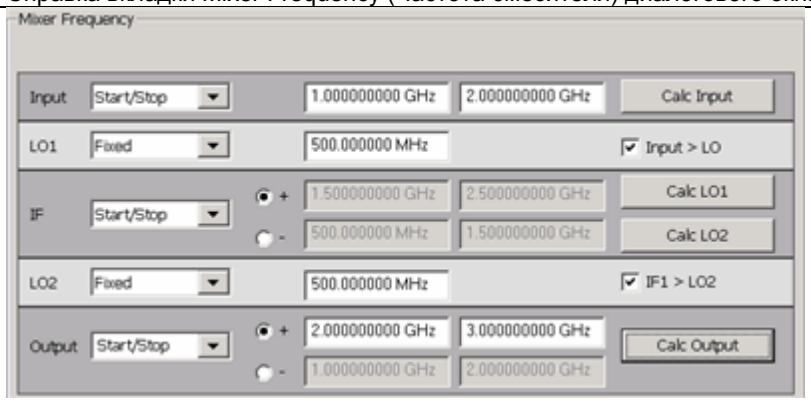
Следующие вкладки используются всеми приложениями для измерения смесителей/преобразователей:

Вкладка Mixer Frequency (Частота смесителя)

Вкладка Mixer (LO) Power (Мощность (гетеродина) смесителя)

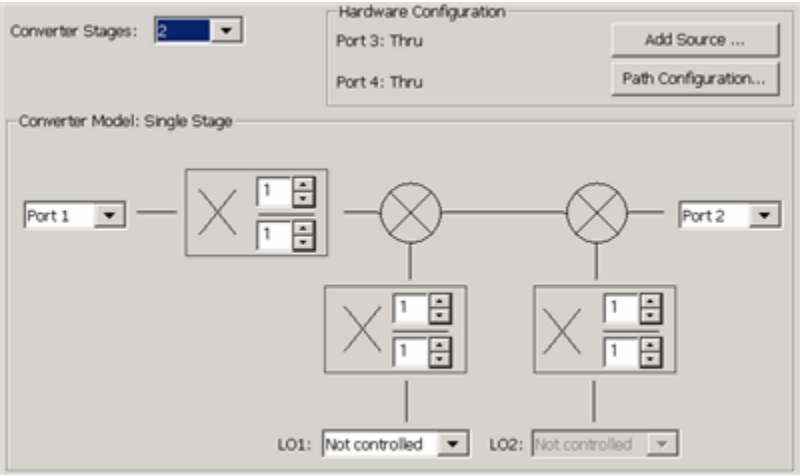
Вкладка Mixer Setup (Настройка смесителя)

Справка вкладки Mixer Frequency (Частота смесителя) диалогового окна SMC и VMC



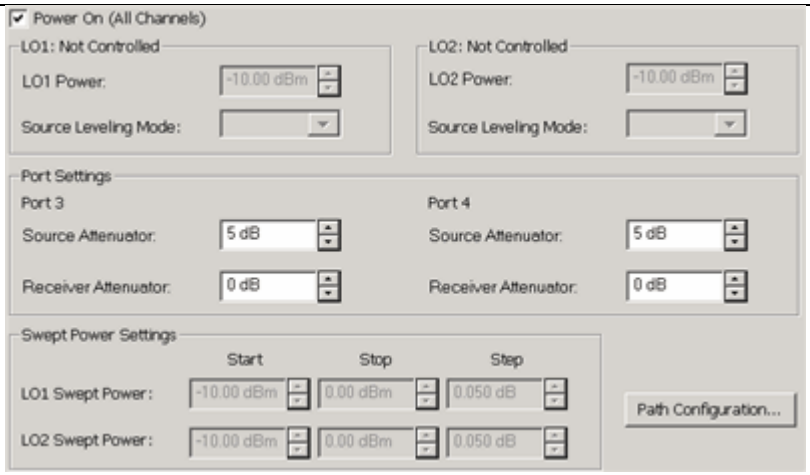
Подробнее об этом диалоговом окне.

Справка вкладки Mixer Setup (Настройка смесителя) диалогового окна SMC и VMC



Подробнее об этом диалоговом окне.

Справка вкладки Mixer (LO) Power (Мощность (гетеродина) смесителя) диалогового окна SMC и VMC

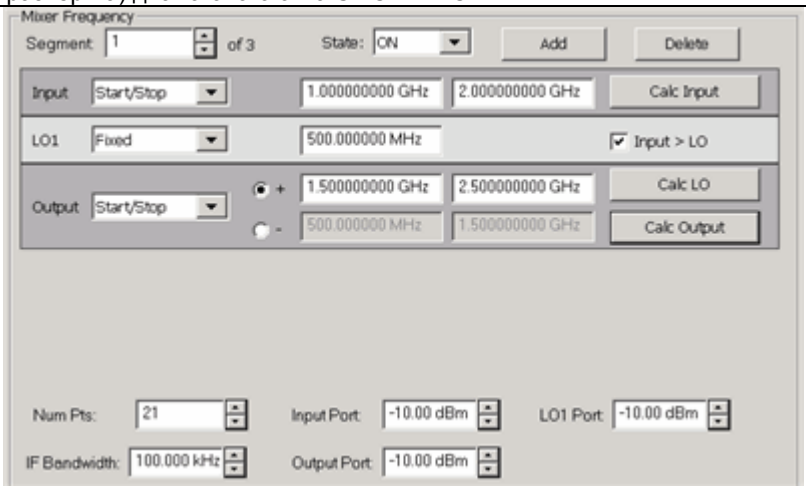


Подробнее об этом диалоговом окне.

Сегментированная развертка FCA

Следующие настройки становятся доступны во вкладке Mixer Frequency, когда во вкладке Sweep выбрана опция Segment Sweep.

Справка вкладки Mixer Frequency - Segment Sweep (Частота смесителя — сегментированная развертка) диалогового окна SMC и VMC



Порядок настройки сегмента:

Нажмите Add (Добавить). Нажмите Delete (Удалить), чтобы удалить сегмент и перенумеровать все последующие сегменты.

По умолчанию поле State (Состояние) имеет значение ON (Включено). Выберите OFF

(Выключено), чтобы данный сегмент не включался в развертку. Задайте настройки частоты для

диапазонов входного сигнала, сигнала гетеродина и сигнала на выходе.

Для каждого сегмента применяются одинаковые требования к развертке, как для стандартной (не сегментированной) развертки. Например, по меньшей мере один диапазон ДОЛЖЕН быть фиксированным (начальная частота равна конечной частоте).

ДОПУСКАЕТСЯ перекрытие частоты входного сигнала, частоты выходного сигнала и частоты сигнала гетеродина между сегментами.

Во всех сегментах направление развертки должно быть либо прямым (начальная частота меньше конечной), либо обратным (начальная частота больше конечной). Смешанные направления развертки НЕ допускаются.

Следующие настройки могут быть заданы независимо для каждого сегмента:

Количество точек — общее количество точек во всех сегментах ограничено максимальным количеством, допускаемым анализатором VNA. Ширина

полосы пропускания по промежуточной частоте

Мощность на портах: (вход, выход, LO1, LO2). Данные настройки заменяют собой настройки во вкладке Power.

Следующие настройки применяются ко ВСЕМ сегментам:

Число ступеней преобразователя/смесителя (1 или 2). Выбор источника сигнала

гетеродина.

Все умножители и делители входного сигнала и сигнала гетеродина.

Настройки аттенюаторов источника и приемника.

Выравнивание источника.

Устранение паразитных сигналов.

Номинальная мощность прямого сигнала (только для SMC).

Режим отображения по оси X (вход, LO1, LO2, выход). Чтобы эта настройка стала доступной, необходимо иметь не менее двух точек данных.

Интервал между точками по оси X (в отличие от нормального интервала между точками). SMC + фаза Данные по сегментированной развертке для измерения смесителей могут быть сохранены в файл *.S2PX (но НЕ в файл *.S2P). Информация о настройках сегментов для измерения смесителей сохраняется в файл *.MXRX. Подробнее.	
Save... Load...	Подробнее об этих кнопках.

Применение и интерполирование массивов калибровочных коэффициентов FCA

Как правило, если массив калибровочных коэффициентов охватывает более широкий диапазон частот по сравнению с каналом, при применении такого массива анализатор VNA предложит выполнить его интерполирование. Подробнее. Однако в измерениях с использованием FCA может также приниматься во внимание диапазон частот гетеродина.

При измерениях VMC ВСЕГДА УЧИТЫВАЕТСЯ диапазон частот гетеродина и применяется интерполяция, если это возможно. Если диапазон частот гетеродина, заданный для измерений, НЕ находится внутри диапазона частот гетеродина, заданного в массиве калибровочных коэффициентов, то такой массив НЕ может быть применен.

При измерениях SMC диапазон частот гетеродина НИКОГДА не принимается во внимание. Таким образом, если диапазоны частот на входе и выходе, заданные для измерений, находятся внутри аналогичных диапазонов, заданных в массиве калибровочных коэффициентов, то такой массив, если потребуется, будет интерполирован и применен. Например, это позволит выполнить ОДНУ калибровку SMC с диапазоном на входе, равным диапазону частот VNA, частотой сигнала гетеродина, равной 0 Гц, и диапазоном на выходе, равным диапазону на входе плюс диапазон частот VNA. Такой массив калибровочных коэффициентов может быть применен ко ВСЕМ измерениям SMC. Подробнее о применении массивов калибровочных коэффициентов SMC.

Те же общие концепции применяются и к сегментированной развертке. Однако если НИ ОДИН из применимых диапазонов частот (SMC: сигнал на входе и сигнал на выходе; VMC: сигнал на входе, сигнал на выходе и сигнал гетеродина) НЕ находится внутри соответствующих диапазонов для измерений, заданных для ОДНОГО сегмента, то такой массив калибровочных коэффициентов НЕ будет применяться НИ К ОДНОМУ сегменту.

Выбор режима отображения по оси X для измерений FCA

Нажмите **Sweep** > ***Main*** > **X-Axis Type** и затем выберите требуемый режим.

Если выбран тип развертки Linear (линейная), для оси X может быть задано отображение диапазона частот любого из переменных параметров развертки.

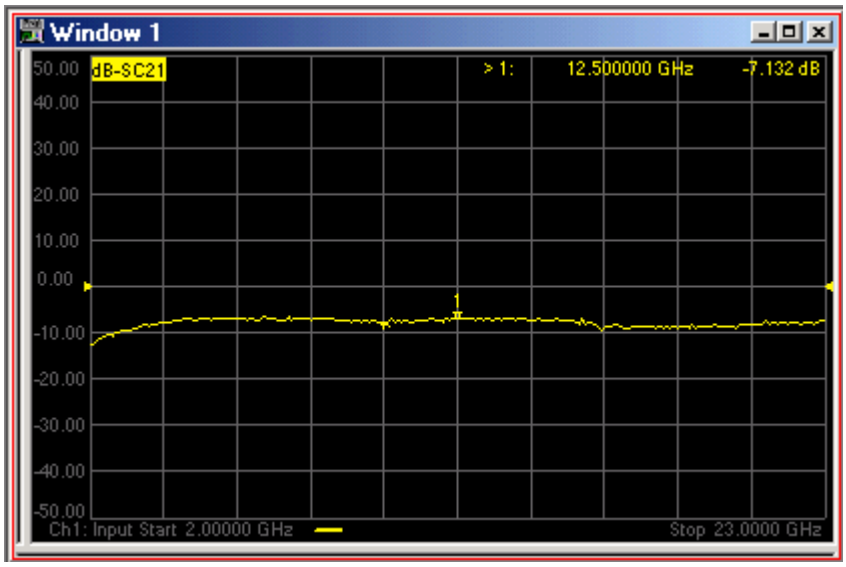
Например, на следующем рисунке показан фиксированный выходной отклик SMC с отображением по оси X диапазона частот на входе:

Выход: 100 МГц (график с результатами измерений)

Вход: от 2 до 23 ГГц (ось X)

Гетеродин: от 1,9 до 22,9 ГГц (не показано)

Аннотация маркера показывает выходную мощность при частоте на входе.



Сохранение данных графика

Данные измерений в приложении FCA могут быть сохранены в нескольких стандартных форматах.

Нажмите **Save Recall** > ***Save Other*** > **Save Data...**

Ниже показано, как сохраняются файлы CSV и SNP.

Данные графика для смесителя

При выборе опции Mixer Trace Data (Данные графика для смесителя) данные FCA сохраняются в файл CSV в следующем формате:

#MIXER TRACE FILE,A.01.00

SegIndex, InputFreq, OutputFreq, LO1Freq, InputPower, LO1Power, SC21 Mag (dB), SC21 Phase (Deg) (Индекс сегмента, частота на входе, частота на выходе, частота гетеродина LO1, мощность сигнала на входе, мощность сигнала гетеродина LO1, амплитуда SC21 (дБ), фаза SC21 (град)).

Формат SNP

Каждая запись содержит 1 величину стимула и 4 параметра (всего 9 значений) в следующем формате:

Stim Real(p1) Imag(p1) Real(p2) Imag(p2) Real(p3) Imag(p3) Real(p4) Imag(p4) (Величина стимула Действительная часть (p1) Мнимая часть (p1) Действительная часть (p2) Мнимая часть (p2) Действительная часть (p3) Мнимая часть (p3) Действительная часть (p4) Мнимая часть (p4))

где pX — параметр, зависящий от типа измерений:

Тип измерений	p1	p2	p3	p4
Скалярные	S11	SC21 (прям.)	SC12 (обр.)	S22
Векторные	S11	VC21	VC12	S22
Определение характеристик смесителя	Направленность	Согласование источника	Неравномерность коэффициента передачи	M21

Если коррекция выключена, данные сохраняются только для активного параметра. Для всех остальных параметров сохраняются нулевые значения.

Если коррекция включена, данные сохраняются для всех параметров.

Все файлы содержат следующую информацию в заголовке: В скобках [ ] содержатся параметры.

!Keysight [Номер модели прибора]: [Версия]
!Mixer S2P File: [Тип измерений смесителя]
!Parameters: [Список параметров]
!Calibration State: [вкл./выкл.]

!# Begin Mixer Setup
![Здесь перечисляются параметры настройки смесителя]
![Параметр смесителя 1]
.
.
![Параметр смесителя n]
!# End Mixer Setup
[Здесь приводятся данные S2P]

Устранение паразитных сигналов

В диалоговом окне Mixer Setup поставьте флажок для **Avoid Spurs**

Функция устранения паразитных сигналов в приложении преобразователя частоты служит для предотвращения появления нежелательных результатов смешения на экране анализатора VNA. Функция устранения паразитных сигналов не оказывает существенного влияния на скорость измерений.

Примечание. В целях калибровки FCA функция устранения паразитных сигналов по умолчанию остается выключенной. Для максимальной точности функция устранения паразитных сигналов во время измерений должна иметь тот же статус (включена или выключена), который она имела при калибровке.

Описание

Под паразитными сигналами понимаются нежелательные результаты смешения двух сигналов. При настройке конфигурации в диалоговом окне настройки смесителя для требуемого выхода анализатор VNA рассчитывает частоты возможных нежелательных сигналов. Путем манипулирования внутренними аппаратными средствами VNA предотвращается появление этих сигналов на экране VNA. Это позволяет отказаться от использования внешних фильтров для предотвращения появления паразитных сигналов на экране VNA.

В зависимости от числа точек данных в выполняемых измерениях, требуемое время для вычисления анализатором VNA частот нежелательных паразитных сигналов МОЖЕТ быть значительным.
Однако после выполнения такого расчета требуемое время для устранения анализатором VNA паразитных сигналов, как правило, становится незначительным.

Ограничения

Функция устранения паразитных сигналов не обеспечивает полную защиту от всех паразитных сигналов. Однако если имеется выбор между паразитными сигналами, будет устранен самый большой паразитный сигнал.

Расчеты для устранения паразитных сигналов

Компьютер, используемый для устранения паразитных сигналов, обеспечивает защиту от следующих паразитных сигналов:

сигнал гетеродина и его взаимодействие с внутренними компонентами VNA и его 16 гармоник;

частотные сигналы на входе и их 16 гармоник;

нежелательные частоты отклика (сумма или разность) и их 16 гармоник.

Измерения SMC

Настройка и калибровка для измерений SMC очень схожи с измерениями VMC. Сведения о функциональных возможностях, общих для этих двух приложений, приведены в разделе «Обзор приложения FCA».

Следующая информация касается только измерений SMC:

- Схема оборудования для измерений SMC
- Создание измерения SMC
- Предлагаемые параметры измерений SMC
- Диалоговое окно настройки измерений смесителя SMC
- Ускорение измерений SMC
    - Использование номинальной мощности прямого сигнала
    - Применение массив калибровочных коэффициентов или типа калибровки SMC
    - Обратное сопряжение порта 2 при частоте ниже 55 МГц (отдельная тема)
- Калибровка SMC
- SMC + фаза (отдельная тема)

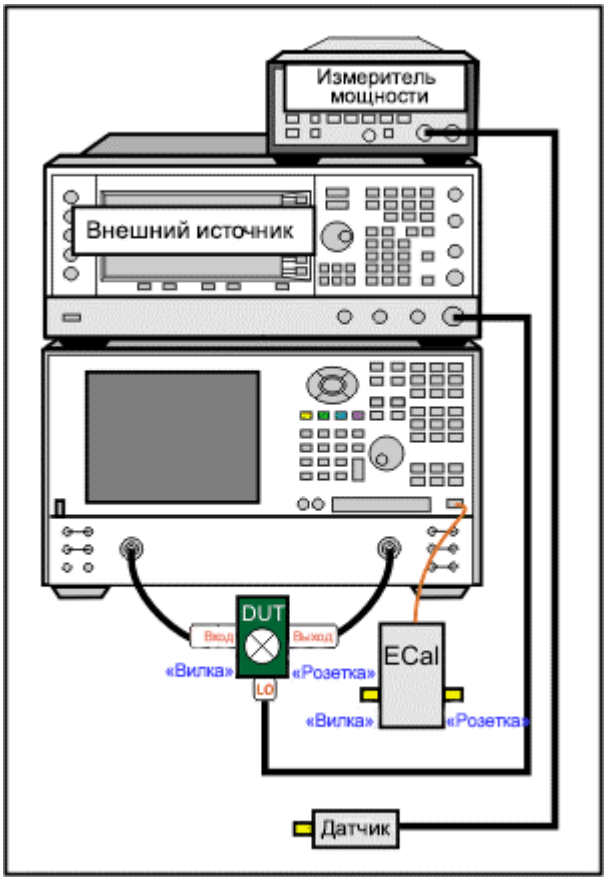
См. также

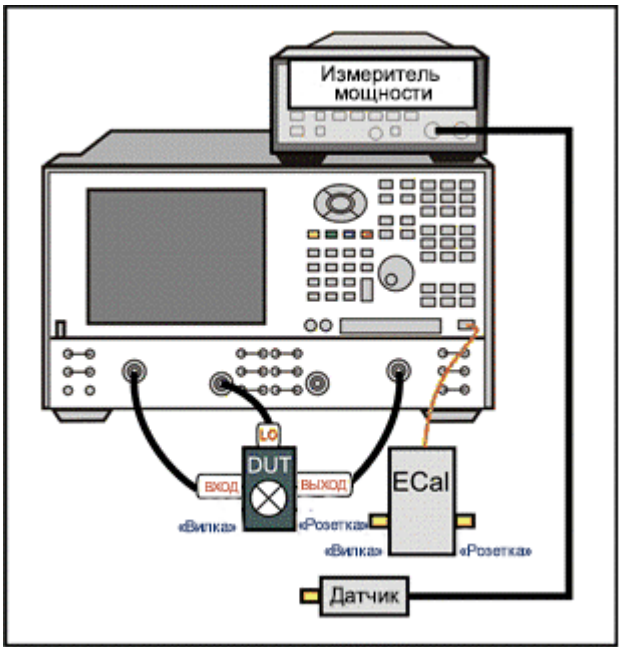
Встроенный гетеродин

Порядок выполнения измерения SMC с фиксированным выходным сигналом

SMC с входным усилителем

Схема оборудования для измерений SMC





Для измерений SMC **требуются** измеритель/датчик мощности, два источника **и** калибровочный набор или модуль ECal.

Испытуемое устройство может быть подключено к любым портам VNA. Подробнее.

При использовании анализатора VNA-X с внутренним вторым источником внешний источник НЕ

требуется.

При использовании двухпортовых анализаторов VNA подключите внешний источник к порту контроллера GPIB анализатора VNA.

Подключите опорный сигнал частотой 10 МГц от внешнего источника к VNA. Это особенно важно в случае измерений SMC + фаза.

Используйте либо измеритель мощности с шиной GPIB, либо датчик мощности с шиной USB.

Порядок настройки конфигурации двух датчиков мощности для охвата диапазона частот для измерений SMC. С использованием двухканального измерителя мощности с подключенными обоими датчиками:

В диалоговом окне Select DUT Connectors для SMC нажмите Source Cal Settings.

В диалоговом окне Source Calibration Settings нажмите Power Meter Config.

В диалоговом окне Power Meter Settings нажмите Sensors.

В диалоговом окне Power Sensor Settings снимите флажок в поле Use this sensor only... для обоих датчиков.

Затем задайте минимальную и максимальную частоты для обоих датчиков.

В процессе калибровки SMC будут выдаваться подсказки для подключения каждого датчика в соответствующее время.

Создание измерения SMC

Нажмите **Setup** > ***Main*** > **Meas Class...** Выберите SMC и затем нажмите:

либо OK, чтобы удалить существующее измерение;

либо New Channel, чтобы создать измерение в новом канале.

Будет отображено измерение SC21.

Предлагаемые параметры измерений SMC

Чтобы выбрать дополнительные отображаемые параметры, нажмите Trace, щелкните по новому графику и выберите параметр из списка.

Важное замечание. Подключение испытуемого устройства к анализатору VNA:

Термины ВЧ и ПЧ НЕ применяются при измерениях FCA, так как анализатору VNA не известно, как обозначено испытуемое устройство или как оно будет использоваться. Вместо этого применяются общие термины ВХОД и ВЫХОД.

ВХОД — порт испытуемого устройства, на который подается испытательный сигнал определенной частоты перед преобразованием.

ВЫХОД — порт испытуемого устройства, с которого выдается сигнал преобразованной частоты.

Частоты на ВХОДЕ и ВЫХОДЕ задаются с помощью диалогового окна Mixer Setup.

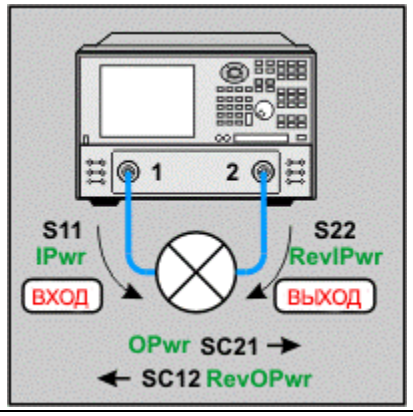
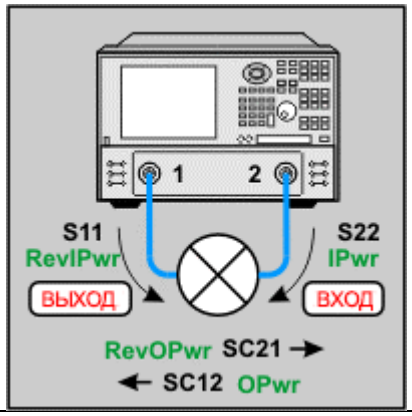
Вход и выход испытуемого устройства могут быть подключены к любым портам VNA.

Примечание. Существует МНОЖЕСТВО возможных вариантов конфигурации. На рисунках и в описаниях ниже принята такая конфигурация, в которой к портам 1 и 2 анализатора VNA подключено ТОЛЬКО испытуемое устройство.

Условные обозначения

Черным показаны измерения с соотношениями (измерительный порт/опорный приемник).

Зеленым показаны измерения без соотношений (либо измерительный порт, либо опорный приемник).

Вход испытуемого устройства к порту 1 VNA Выход испытуемого устройства к порту 2 VNA	Вход испытуемого устройства к порту 2 VNA Выход испытуемого устройства к порту 1 VNA
	
Измерения с соотношениями SC21 (потери на преобразование): **испытательный сигнал на входе, отклик на выходе (B/R1).** SC12 (развязка): **испытательный сигнал на выходе, отклик на входе (A/R2)** S11 (согласование на входе): испытательный сигнал и отклик на входе (A/R1) S22 (согласование на выходе): испытательный сигнал и отклик на выходе (B/R2)	**Измерения с соотношениями** SC12 (потери на преобразование): **испытательный сигнал на входе, отклик на выходе (A/R2).** SC21 (развязка): испытательный сигнал на выходе, отклик на входе **(B/R1)** S11 (согласование на выходе): испытательный сигнал и отклик на выходе (A/R1) S22 (согласование на входе): испытательный сигнал и отклик на входе (B/R2)

Измерения без соотношений: **абсолютные измерения приемников измерительных портов. Приемник выбирается автоматически в зависимости от конфигурации испытуемого устройства.**

IPwr (мощность прямого сигнала) — испытательный сигнал и отклик на входе.

RevIPwr (обратная мощность прямого сигнала) — испытательный сигнал и отклик на выходе. OPwr (мощность на выходе) — испытательный сигнал на входе, отклик на выходе.

RevOPwr **(обратная мощность на выходе) — испытательный сигнал на выходе, отклик на входе.**

Измерения испытательного сигнала внутреннего АЦП / отклика (AI).

AI(x,y), где:

x — используемый АЦП. Выберите 1 или 2;
y — номер порта, на котором доступен АЦП.

Измерения постоянного тока с внешней настройкой конфигурации.

Порядок запуска диалогового окна SMC Mixer Setup (Настройка измерений смесителя SMC)	
С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки Нажмите **Sweep** > ***Main*** > **SMC Setup...** > вкладка **Mixer Setup**.	С помощью мыши Щелкните Stimulus Выберите Sweep Выберите SMC Setup... Выберите Mixer Setup
Команды программирования	

Диалоговое окно SMC Mixer Setup имеет следующие вкладки:

Вкладка Sweep (используется совместно с VMC)

Вкладка Power (используется совместно с VMC)

Вкладка Mixer Freq (используется всеми приложениями преобразователя)

Вкладка Mixer Power (используется всеми приложениями преобразователя)

Вкладка Mixer Setup (используется всеми приложениями преобразователя)

Ускорение измерений SMC

При использовании настроек SMC по умолчанию для любого откалиброванного измерения SMC требуется четыре хода развертки. Однако вы можете уменьшить требуемое число ходов развертки, выбрав одну или несколько следующих настроек.

Использование номинальной мощности прямого сигнала

Применение массива калибровочных коэффициентов или типа калибровки

Чтобы ускорить измерения со свипированием сигнала гетеродина при использовании внешнего источника сигнала гетеродина, используйте
настройку триггера со списком оборудования (BNC).

Подробнее. Обратное сопряжение порта 2 при частоте ниже
55 МГц (отдельная тема)

Использование номинальной мощности прямого сигнала

Щелкните Response, затем Measure и выберите Use Nominal Incident Power (Использование номинальной мощности прямого сигнала).

Для каждой развертки данных при полностью скорректированных измерениях параметров передачи SMC фактически требуется ЧЕТЫРЕ хода развертки данных. Когда флажок в поле Use Nominal Incident Power снят, опорный приемник (R1 или R2) НЕ измеряет мощность прямого сигнала. Вместо этого принимается, что мощность прямого сигнала находится на уровне, который был задан в процессе калибровки мощности источника, выполняемой для каждого измерения SMC.

При хорошем согласовании входа или выхода испытуемого устройства снижение точности будет незначительным.

Данная опция сокращает число ходов развертки, ТОЛЬКО когда в диалоговом окне Cal Type сняты флажки и с поля Include Input Match, и с поля Include Output Match.

Применение массива калибровочных коэффициентов или типа калибровки SMC

Как и в случае любых измерений с помощью анализатора VNA, вы можете создавать

измерения FCA и применять существующие массивы калибровочных коэффициентов. Подробнее о массивах калибровочных коэффициентов. Кроме того, из массива калибровочных коэффициентова вы можете применять определенные типы калибровки SMC к существующим измерениям SMC.

Порядок применения типов калибровки SMC

Создание измерения SMC

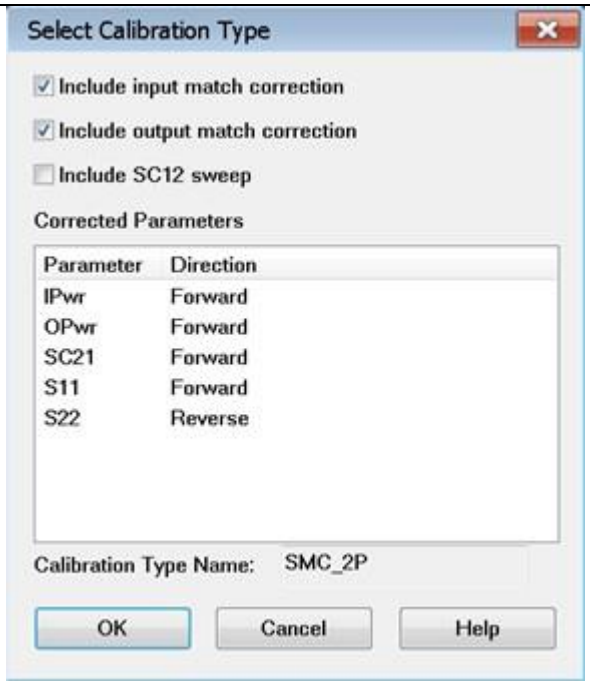
Выполните калибровку или примените существующий массив калибровочных коэффициентов SMC и затем...

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки

Нажмите **Cal** > ***Main*** > **Correction Methods...**

Команды программирования

Справка диалогового окна Correction Methods (Методы коррекции)



По умолчанию для каждой калибровки SMC требуется ЧЕТЫРЕ хода развертки. Снятие флажков позволит исключить ходы развертки и ускорить измерения SMC. Разница в скорости наиболее заметна при выполнении измерений с фиксированным входным или фиксированным выходным сигналом с внешним источником сигнала гетеродина.

Include input match correction (Включить коррекцию согласования на входе): **поставьте флажок, чтобы выполнить ход развертки для измерения и коррекции согласования на ВХОДЕ. Снимите флажок, если вход испытуемого устройства хорошо согласован с анализатором VNA или если используемая схема оборудования не допускает действительных измерений параметра S11.**

Include output match correction (Включить коррекцию согласования на выходе): **поставьте флажок, чтобы выполнить ход развертки для измерения и коррекции согласования на ВЫХОДЕ. Снимите флажок, если выход испытуемого устройства хорошо согласован с анализатором VNA или если используемая схема оборудования не допускает действительных измерений параметра S22.**

Include SC12 Sweep (Включить развертку SC12): **поставьте флажок, чтобы выполнить обратный ход развертки для измерения параметра SC12.**

При поставленном флажке (настройка по умолчанию) откалиброванные измерения SMC выполняют ходы развертки как в прямом (SC21), так и в обратном (SC12) направлениях.

Снимите флажок, чтобы обратные ходы развертки не выполнялись. Это означает, что следующие измерения корректироваться НЕ будут: SC12, RevOPwr, RevIPwr.

Corrected Parameters (Скорректированные параметры): в этом поле перечислены параметры, которые могут быть скорректированы при условии, что в соответствующих полях поставлены флажки. Эти параметры могут быть не измерены в текущий момент.

Calibration Type (Тип калибровки): показывает тип калибровки SMC, который будет применен при условии, что в соответствующих полях поставлены флажки.

Подробнее об использовании номинальной мощности прямого сигнала.

Сколько ходов развертки может быть отменено?

Завязка	Параметры	Число ходов развертки
Флажками отмечены ВСЕ поля и снят флажок с поля	**IPwr,OPwr,RevIPwr,RevOPwr,SC21,SC12,S11,S224**	**Полное**
Выполните это действие,	чтобы ИСКЛЮЧИТЬ эти параметры...	и эти ходы развертки
Снимите флажок с поля Include SC12	**Будут исключены RevIPwr,RevOPwr,SC12**	**Будет исключен 1 ход**
Снимите флажок с поля Include OUTPUT match	**Будет исключен S22**	**Будет исключен 1 ход, если в поле Nominal поставлен флажок*.**
Снимите флажок с поля Include INPUT match	**Будет исключен S11**	**Будет исключен 1 ход, если в поле Nominal поставлен флажок*.**
Поставьте флажок в поле Use Nominal Incident Power	**Будут исключены IPwr, RevIPwr**	**Могут быть исключены до 2 ходов***
Флажки сняты со ВСЕХ полей, и поставлен флажок в поле Nominal Incident Power	OPwr,SC21	Всего 1

*** S11 использует ход развертки вместе с IPwr, а S22 использует ход развертки вместе с RevIPwr. Поэтому если в поле Include Input Match или Include Output Match поставлен флажок, то постановка флажка в поле Nominal incident power не даст какого-либо результата.**

Ходы развертки для измерений VMC **НЕ могут быть исключены.**

Краткий обзор калибровки SMC

Мастер калибровки SMC дает подсказки, помогающие выполнить данный процесс.

При применении массива калибровочных коэффициентов с опорной фазой этап 1 (калибровка мощности) НЕ выполняется.

Подключите измеритель / датчик мощности к порту 1 анализатора VNA. На каждом этапе калибровки частоты на входе и выходе анализатор VNA измеряет:

- согласование на входе датчика мощности;
- мощность источника VNA.

Выполните две полные двухпортовые калибровки: одну для частот на ВХОДЕ и одну для частот на ВЫХОДЕ испытуемого устройства (Если испытуемое устройство имеет линейные характеристики, для калибровки используется только диапазон частот на ВХОДЕ.) Используйте механический массив калибровочных коэффициентов или модуль ECal.

Смесители/преобразователи с высокой выходной мощностью

В случае если совокупные потери на неизвестной мере коэффициента передачи и в калибровочном тракте превышают 40 дБ, результаты калибровки, полученные с помощью метода неизвестной меры коэффициента передачи, будут НЕДЕЙСТВИТЕЛЬНЫМИ. В таких случаях рекомендуется использовать следующий метод калибровки и коррекции.

На странице Modify Frequency мастера калибровки выберите Defined Thru (Определенная мера коэффициента передачи) или Flush Thru (Мера коэффициента передачи нулевой длины) в качестве метода меры коэффициента передачи. При использовании модуля ECal также на странице Modify Frequency отключите (снимите флажок) опцию Do Orientation, так как уровень мощности очень мал.

После калибровки в диалоговом окне Correction Method УБЕРИТЕ флажки в полях Include output match correction и Include SC12 Sweep. Оставьте флажок ТОЛЬКО в поле Include input match correction.

Мастер калибровки SMC

В процессе калибровки SMC на экране появляются следующие диалоговые окна. Этапы, перечисленные с отступом, выполняются по усмотрению пользователя.

Calibration Setup (Настройка калибровки)

Waveguide/In-fixture/On-Wafer Setup (Настройка измерений с волноводами/оснасткой/на пластине)

Select DUT Connectors and Cal Kits (Выбор соединителей испытуемого устройства и калибровочных наборов)

Modify Frequency Cal (Изменить калибровку частоты)

Specify how the ECal module is connected (Указать способ подключения модуля ECal)

Power Cal Settings (Настройки калибровки мощности)

SMC Cal Steps (Этапы калибровки SMC)

Calibration Completed (Калибровка завершена)

Specify Adapter Delay (Указать задержку перехода)

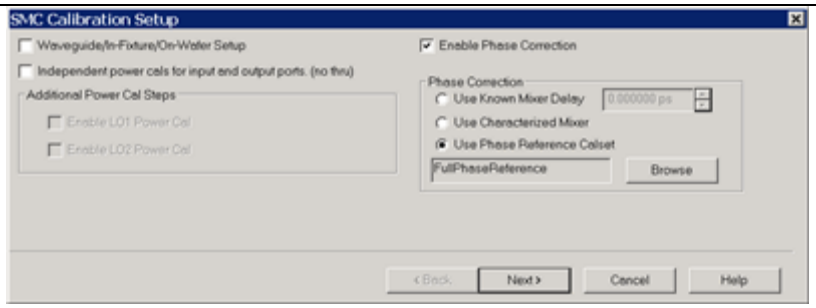
Порядок выполнения калибровки SMC

Создайте измерение SMC и затем...

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки	С помощью мыши
Нажмите **Cal** > ***Main*** > **Smart Cal...**	Нажмите Response. Выберите Cal. Выберите Smart Cal...

Команды программирования

Справка диалогового окна SMC Calibration Setup (Настройка калибровки SMC)



Данное окно служит для просмотра и изменения настроек калибровки SMC.

Примечание. В версии A.09.90 и более ранних версиях при постановке флажков в обоих полях Independent power cals и Use Phase Reference Calset выдавалась ошибка после выполнения калибровки. В версиях ПОСЛЕ A.09.90 эти две настройки стали совместимыми.

Waveguide/In-fixture/On-Wafer Setup (Настройка измерений с волноводами/оснасткой/на пластине): нажмите Next, чтобы открыть следующее диалоговое окно настройки.

Independent power cals for input and output ports (no thru) (Независимая калибровка мощности для входного и выходного портов (без меры коэффициента передачи)): поставьте флажок, если мера коэффициента передачи ОТСУТСТВУЕТ. В процессе калибровки мощности будут выдаваться подсказки для подключения датчика мощности сначала к входному и затем к выходному портам.

Additional Power Cal Steps (Дополнительные этапы калибровки мощности)

Enable LO1/LO2 Power Cal (Разрешить калибровку мощности LO1/LO2): поставьте флажок, если осуществляется контроль над портами LO1/LO2 (во вкладке Mixer Setup),
для выполнения калибровки мощности источника (источников) сигнала гетеродина.

Phase Correction (Коррекция фазы)

Enable Phase Correction (Разрешить коррекцию фазы): поставьте флажок, чтобы разрешить измерения фазы.

Выберите один из следующих методов задания задержки на смесителе с известными характеристиками. В первых двух методах производится измерение фазовой задержки на калибровочном смесителе и ее сравнение с известной задержкой, которая может быть либо введена, либо сохранена в файле *.S2PX.

Use Known Mixer Delay (Использовать известную задержку смесителя): введите известную фиксированную задержку на калибровочном смесителе.

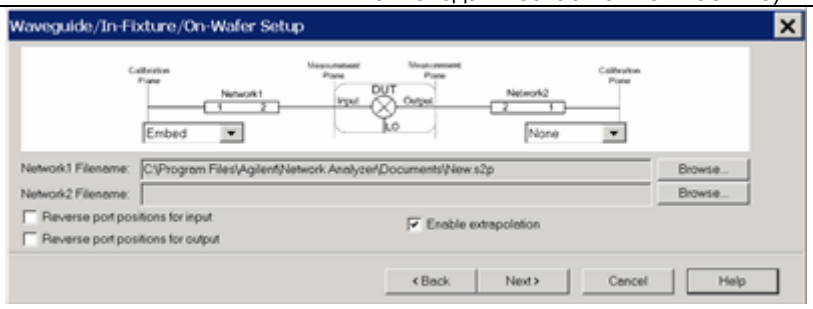
Use characterized mixer (Использовать смеситель с известными характеристиками): выберите и затем укажите путь к файлу *.S2P, в котором содержатся характеристики калибровочного смесителя. Используйте файлы *.S2PX при выполнении сегментных измерений SMC+Phase. Подробнее. Для определения характеристик калибровочного смесителя в диапазоне частот измерений SMC используйте любой из следующих двух методов:

Используйте мастер определения характеристик смесителя. (Нажмите Response, затем Cal и выберите Mixer Characterization Wizard.) К калибровочному смесителю предъявляются те же требования, что и к калибровочному смесителю для измерений VMC. Подробнее.

В откалиброванном канале VMC измерьте групповое время запаздывания калибровочного смесителя и затем сохраните результаты в файл *.S2P или *.S2PX. Вместе с тем для калибровки канала VMC требуется смеситель с известными характеристиками.

Use Phase Reference Calset (Использовать массив калибровочных коэффициентов с опорной фазой): выберите и затем укажите путь к массиву калибровочных коэффициентов с опорной фазой, который охватывает диапазон частот текущих измерений. Подробнее об измерениях SMC и о калибровке с опорной фазой.

Справка диалогового окна Waveguide/In-fixture/On-Wafer Setup (Настройка измерений с волноводами/оснасткой/на пластине)



Это диалоговое окно появляется ТОЛЬКО в том случае, если был поставлен флажок в поле Waveguide/In-fixture/On-Wafer Setup
в предыдущем диалоговом окне Cal Setup.
С помощью данного окна можно встраивать и устранять влияние схем на входе и выходе испытуемого смесителя.

Для Network1 (Схема 1) (вход) и Network2 (Схема 2) (выход) выберите Embed (Встроить), De-embed (Устранить влияние) или None (Нет).

Browse (Обзор): нажмите, чтобы указать путь к файлу .S2P, моделирующему схему, влияние которой требуется встроить или устранить.

Reverse port positions for input/output (Обратное положение портов входа/выхода): поставьте флажок, чтобы настроить оснастку/переход на конфигурацию, в которой порт 2 соединен с VNA, а порт 1 соединен с испытуемым устройством. Рисунок в диалоговом окне будет обновлен в соответствии с этим изменением.

Enable Extrapolation (Разрешить экстраполяцию): поставьте флажок (настройка по умолчанию), чтобы применять простую экстраполяцию, если диапазон частот в файле S2P уже диапазона частот канала. Значения для первой и последней точек данных раздвигаются в обоих направлениях, чтобы охватить диапазон частот измерений. Также, если требуется экстраполяция, на экране появится предупреждающее сообщение.

Встраивание или устранение влияния

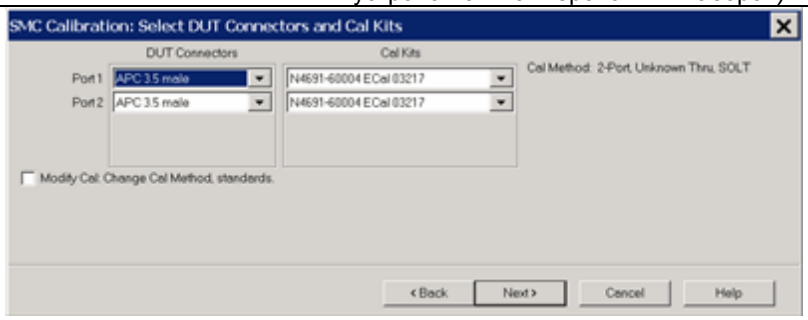
В случаях, когда имеется двухпортовая схема, которую в процессе измерений необходимо подключить между опорной плоскостью калибровки и испытуемым устройством, однако данная схема ОТСУТСТВОВАЛА во время калибровки, то влияние такой схемы на соответствующий порт во время калибровки должно быть устранено. Другими словами, устранение влияния схемы при калибровке FCA позволяет расширить опорную плоскость калибровки, чтобы она охватывала эту двухпортовую схему.

В случаях, когда имеется двухпортовая схема, которая входит в опорную плоскость калибровки, но которую в процессе измерений требуется отсоединить, то влияние такой двухпортовой схемы на соответствующий порт во время калибровки должно быть встроено. Другими словами, встраивание влияния схемы при калибровке FCA позволяет сузить опорную плоскость калибровки, чтобы во время измерений из нее была исключена эта двухпортовая схема.

Примечания.

Интерполяция применяется в случаях, когда файл содержит больше частот по сравнению с каналом и когда точки данных не совпадают в точности с точками, заданными для измерений.

Справка диалогового окна Select DUT Connectors and Cal Kits (Выбор соединителей испытуемого устройства и калибровочных наборов)



С помощью данного окна могут быть заданы типы соединителей и калибровочные наборы для каждого порта испытуемого устройства.

Port n (Порт n): для каждого порта VNA укажите тип и пол соединителей испытуемого устройства, а также используемый калибровочный набор.

Примечание. Если испытуемое устройство имеет следующие соединители:

Волновод: перед выполнением калибровки измените значение импеданса системы на 1 Ом.

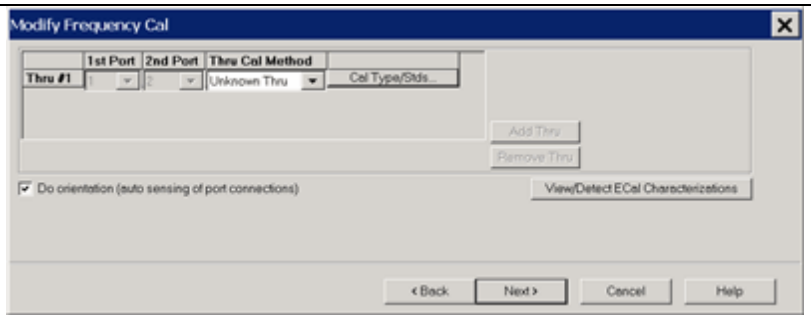
Не указаны в списке (вилка и розетка): укажите Type A в качестве типа соединителя. Для соединителей Type A требуется файл массива калибровочных коэффициентов с электрическими характеристиками мер, используемых для.

Не указано (например, для комплектного устройства): укажите Type B в качестве типа соединителя. Для соединителей Type B требуется файл массива калибровочных коэффициентов с электрическими характеристиками мер, используемых для калибровки.

Modify Cal (Изменить калибровку): поставьте флажок и затем нажмите Next, чтобы открыть диалоговое окно Modify Frequency Cal.

Source Cal Settings (Настройки калибровки источника): нажмите, чтобы открыть диалоговое окно Source Cal Settings.

Справка диалогового окна Modify Frequency Cal (Изменить калибровку частоты)



Это диалоговое окно появляется, если в предыдущем диалоговом окне был поставлен флажок в поле Modify Cal.

Thru Cal Method (Метод калибровки по перемычке): выберите метод калибровки по перемычке для каждого соединения с перемычкой.

Cal Type/Stds (Тип калибровки/меры): нажмите, чтобы открыть диалоговое окно Modify Calibration Selections.

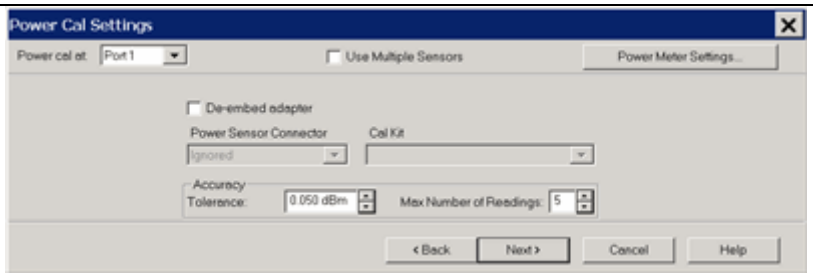
Следующие опции доступны для выбора ТОЛЬКО при использовании модуля ECal.

Do orientation (Выполнить ориентацию): если в данном поле поставлен флажок (настройка по умолчанию), анализатор VNA автоматически распознает модель модуля ECal и направление, в котором порт модуля ECal подключен к портам VNA. При слишком низком уровне мощности, подводимой к модулю ECal, анализатор будет считать, что модуль ECal не подключен. Если вы используете низкий уровень мощности и испытываете данную проблему, снимите флажок с данного поля, чтобы задать ориентацию вручную. Проверка ориентации производится сначала в середине диапазона частот, для которого выполняется калибровка. Если сигнал не будет обнаружен, анализатор повторит попытку при наименьшей частоте в этом диапазоне.

См. примечание о калибровке для смесителей/преобразователей с высоким уровнем на выходе с помощью модулей ECal.

View/Detect ECal Characterizations (Просмотр/обнаружение характеристик модуля ECal): появляется только в том случае, если для использования был выбран модуль ECal. Нажмите, чтобы открыть диалоговое окно View ECal Modules and Characterizations(Просмотр модулей ECal и их характеристики). В результате будет показан список модулей ECal, подключенных к анализатору VNA.

Справка диалогового окна Power Cal Settings (Настройки калибровки мощности)



Примечание. Поле Use Power Table (Использовать таблицу мощности) (не показано) доступно при активных измерениях SMC в миллиметровом диапазоне волн.

Power Cal at (Калибровка мощности на): выберите порт источника, для которого будет выполнена калибровка мощности. Коррекция источника и приемника будет передаваться на все остальные источники и приемники, задействованные в измерениях S-параметров.

Use Multiple Sensors (Использовать несколько датчиков): НЕДОСТУПНО с измерениями SMC в миллиметровом диапазоне волн. Поставьте флажок в данном поле, если требуется использовать несколько датчиков мощности для охвата диапазона частот измерений. Вместо этого диалогового окна появится диалоговое окно Multiple Sensors (см. рисунок ниже). Если в поле Use Multiple Sensors отсутствует флажок (настройка по умолчанию), подключите к VNA только ОДИН датчик.

Power Meter Settings (Настройки измерителя мощности): нажмите, чтобы открыть стандартное диалоговое окно Power Meter Settings.

De-embed adapter (Устранить влияние перехода датчика мощности): если соединитель датчика мощности НЕ соответствует полу или типу соединителя испытуемого устройства для указанного порта, для оптимальной точности потребуются дополнительные этапы калибровки, на которых выполняются измерения и вносятся поправки на влияние перехода, используемого для соединения датчика мощности с опорной плоскостью.

Снимите флажок с этого поля, чтобы НЕ вносить поправки на влияние дополнительного перехода.

Поставьте флажок в этом поле, чтобы выполнить дополнительные этапы калибровки с измерениями и внесением поправки на влияние перехода.

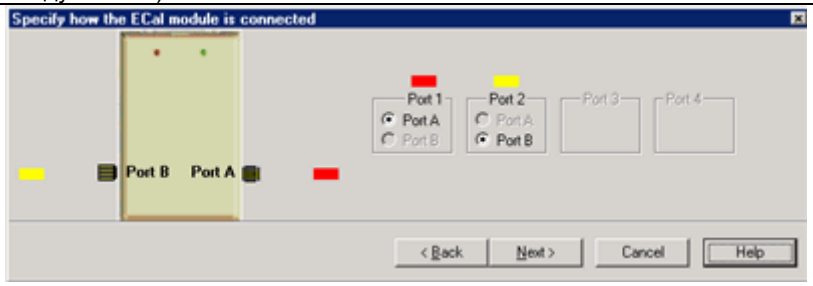
Затем выберите пол и тип соединителя датчика мощности. Ignored (Игнорировать): поправка на влияние дополнительного перехода вноситься НЕ будет, как если бы не был поставлен флажок в соответствующем поле.

Когда данный соединитель соответствует соединителю испытуемого устройства для того же порта, анализатор VNA считает, что переход отсутствует. В этом случае дополнительные этапы калибровки НЕ требуются и калибровочного набора становится недоступным.

В противном случае выберите калибровочный набор, который должен использоваться для калибровки у перехода.

См. настройки точности далее.

Справка диалогового окна Specify how the ECal module is connected (Указать способ подключения модуля ECal)



Данное диалоговое окно появляется, если в поле Do orientation в предыдущем диалоговом окне Modify Frequency не поставлен флажок.

Щелкните по каждому порту модуля ECal, соединенному с портами анализатора VNA.

Справка диалогового окна SMC Calibration Steps (Этапы калибровки SMC)

Power Level (Уровень мощности): задайте уровень мощности, при котором будет выполняться калибровка мощности.

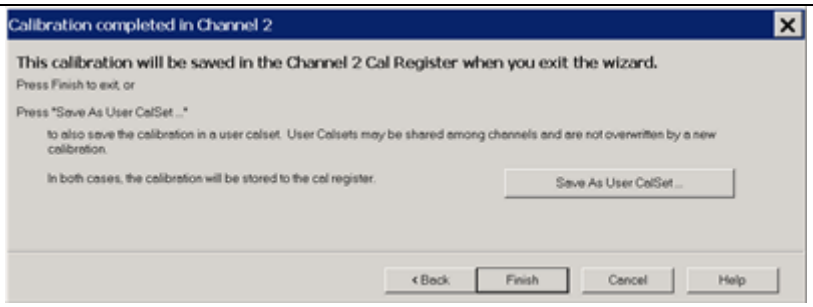
Обычно наилучшим выбором для уровня мощности является уровень 0 дБм на датчике мощности, так как на нем выполняется калибровка датчика мощности. При меньших уровнях мощности калибровка займет больше времени и будет иметь более высокий уровень шума.

Если между измерительным портом VNA-X и опорной плоскостью калибровки используется внешний компонент, отрегулируйте уровень мощности так, чтобы мощность на датчике составляла около 0 дБм, если это возможно.

В диалоговом окне показано текущее значение ослабления источника.

LO Power Cal (Калибровка мощности сигнала гетеродина) (опция): если это разрешено, выполните калибровку мощности источника на соединители гетеродина испытуемого устройства. Гетеродин должен быть уже выбран. Как это сделать. Уровень мощности источника сигнала гетеродина устанавливается во вкладке (LO) Power.

Справка диалогового окна Calibration Completed (Калибровка завершена)

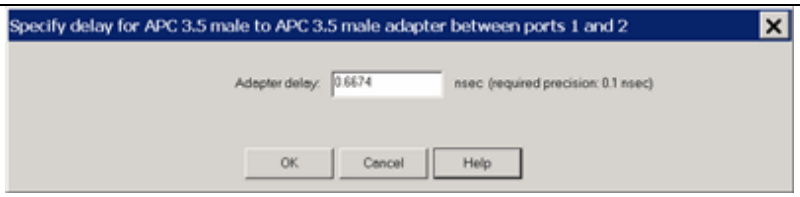


Finish (Завершить): сохранить данные в реестре калибровки канала.

Save As User Cal Set (Сохранить как массив калибровочных коэффициентов пользователя): открывает диалоговое окно Save as User Cal Set И сохраняет данные в реестре калибровки канала.

Cancel (Отмена): результаты калибровки НЕ применяются и НЕ сохраняются.

Справка диалогового окна Specify delay (Настройка задержки)



Данное диалоговое окно появляется ТОЛЬКО при выполнении калибровки с удалением эффектов перехода или с неизвестной мерой коэффициента передачи.

Следующие значения были определены по результатам измерений. В большинстве случаев они будут адекватными. Однако в режиме развертки с непрерывной волной или частотной развертки с большим размером шага точность данных значений можно улучшить.

Adapter delay (Задержка на переходе): чтобы улучшить это значение, измерьте и запишите задержку на переходе при малом размере шага. Введите здесь полученное значение. Требуемое значение точности будет представлять собой ту точность, которая требуется для характеризации задержки.

Nominal phase offset (Номинальное смещение фазы) (ТОЛЬКО для волноводов). Чтобы улучшить это значение, измерьте и запишите смещение фазы на переходе волновода при малом размере шага. Введите здесь полученное значение.

В случаях, когда один соединитель имеет коаксиальную конструкцию, а другой представляет собой волновод, смещение фазы может иметь неопределенность в пределах 180°. Для сохранения единства приведенная здесь оценка всегда находится в диапазоне от 0° до 180°. Вы можете в любой момент изменить эту оценку на любое значение в интервале от –180° до +180°.

При калибровке SMC это диалоговое окно появляется дважды: один раз для частот на входе и второй раз для частот на выходе. Эти значения могут слегка отличаться.

Настройка смесителя-преобразователя

Следующие диалоговые окна используются во всех приложениях преобразователей: FCA, Swept IMDx, IMx Spectrum, NFx и GCx.

Примечание. Swept IMDx, IMx Spectrum, NFx поддерживаются только в PNA. GCx в настоящее время не поддерживается в M9370A/71A/72A/73A/74A/75A.

Вкладка Mixer Frequency (Частота смесителя)

Вкладка Mixer Setup (Настройка смесителя)

Вкладка Mixer (LO) Power (Мощность (гетеродина) смесителя)

Примеры дробных множителей

Важное замечание. Подключение испытуемого устройства смесителя/преобразователя к VNA.

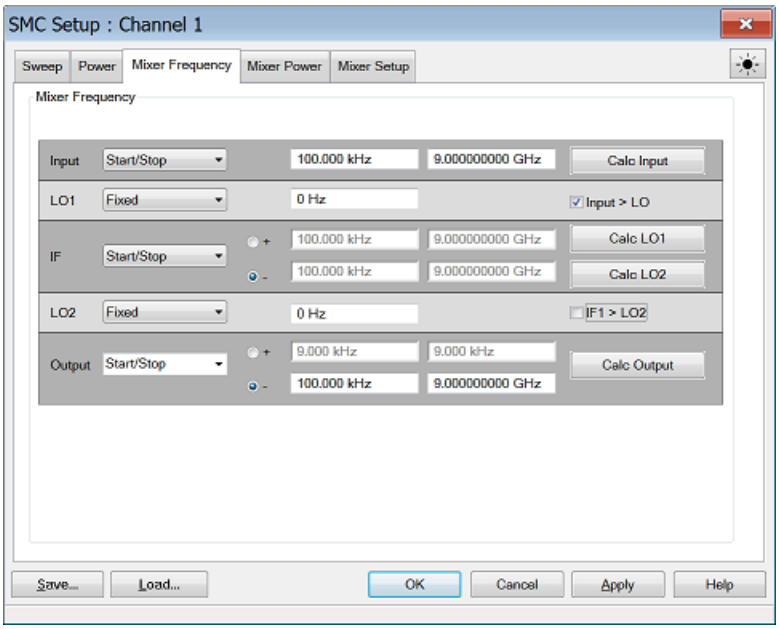
В данном разделе НЕ используются термины **ВЧ** и **ПЧ,** поскольку анализатору VNA неизвестно, какое обозначение имеет испытуемое устройство и как оно будет использоваться. Вместо этого употребляются общие термины ВХОД и ВЫХОД для описания следующего поведения VNA:

ВХОД — частоты испытательного сигнала ДО преобразования испытуемым устройством;

ВЫХОД — частоты ответного сигнала ПОСЛЕ преобразования (ПОВЫШЕНИЯ или ПОНИЖЕНИЯ) испытуемым устройством. Задать преобразование с ПОВЫШЕНИЕМ или ПОНИЖЕНИЕМ можно с помощью символа + или – для каждого выхода.

Справка **вкладки Mixer Frequency (Частота смесителя)**

Команды программирования



Settings (Настройки)

Формат частоты: выберите Start/Stop (Swept) (Начальная/конечная частота (развертка)) или Fixed (Фиксированная частота). Для линейной развертки хотя бы одна из них должна быть фиксированной. Для режимов развертки с непрерывной волной или развертки мощности ВСЕ частоты должны быть фиксированными.

Частоты: введите значения частот для каждого порта смесителя/преобразователя.

Селектор результата смешения: позволяет задать, будут ли приемники настроены на сумму (+) или разность (–) частот входного сигнала и гетеродина.

Кнопки Calc (Вычислить): нажмите, чтобы вычислить настройки частоты на основе других введенных настроек смесителя. Например, можно ввести диапазон частот на входе и диапазон частот LO1 (гетеродина 1), а затем нажать **Calc Output (Вычислить частоту на выходе).** VNA вычислит и отобразит частоты на выходе.

Флажки Input > LO (Частота на входе больше частоты гетеродина) и IF1 > LO2 (Промежуточная частота 1 выше частоты гетеродина 2) позволяют избежать неоднозначности при использовании кнопки Calc для определения частоты на ВХОДЕ.

Они используются ТОЛЬКО в том случае, если ВЫПОЛНЯЮТСЯ все три перечисленные ниже условия (если ВСЕ три НЕ выполняются, VNA не считывает эти флажки):

выбрана разностная (узкая) боковая полоса для соответствующей кнопки вычисления; И

частота на выходе меньше частоты гетеродина; И

используется одна из кнопок Calculate (Вычислить) для вычисления **частоты на входе.**

Правила конфигурирования смесителя

Сообщение в нижней части диалогового окна, выделенное **красным,** указывает на то, что один или несколько следующих параметров настройки некорректны.

Либо ВСЕ диапазоны частот (вход, гетеродин, выход) должны быть фиксированными, либо фиксированным должен быть ОДИН диапазон. НЕ могут быть фиксированными ДВА диапазона частот, и свипирование НЕ может применяться к ТРЕМ диапазонам.

Для целей определения допустимой конфигурации смесителя с **2 гетеродинами** один фиксированный гетеродин и один со свипированием равнозначны однотактному гетеродину со свипированием. Чтобы настроить двухтактный гетеродин, выберите значение **Converter Stages: 2 (Число ступеней преобразователя: 2)** во вкладке Mixer Setup (Настройка смесителя).

Частоты на ВХОДЕ или ВЫХОДЕ не могут выходить за пределы диапазона VNA.

Любое сочетание ВХОДНОГО сигнала и гетеродина, в результате которого сигнал на ВЫХОДЕ переходит через ноль Гц, НЕДОПУСТИМО.

О файлах конфигурации смесителя (.mxr и *.mxrx)

Save (Сохранить): нажмите, чтобы сохранить НЕКОТОРЫЕ настройки смесителя в файле *.mxr или *.mxrx.

Load (Загрузить): нажмите, чтобы вызвать ранее сконфигурированный файл смесителя *.mxr или *.mxrx.

Примечание. По умолчанию настройки конфигурации смесителя сохраняются в файлах ***.mxrX.** Ранее они сохранялись в файлах ***.mxr.**

ТОЛЬКО файлы ***.mxrx** позволяют сохранять настройки сегментированной развертки смесителя. В настоящее время сегментированную развертку поддерживает только FCA. Во всех остальных отношениях новые форматы файлов полностью совместимы с прежними файлами *.mxr.

Какие настройки смесителя сохраняются?

Настройки типа развертки, частоты и мощности.

Что касается типа сегментированной развертки, то сохраняются все настройки сегментов.

Совместимость с приложениями преобразователя

Файлы настроек смесителя, которые используются с FCA, NFx и GCx для PNA, совместимы. Однако файлы *.mxr(x), созданные в IMDx, содержат информацию, которой НЕТ в других файлах *.mxr(x).

Когда файлы *.mxr(x), созданные в других приложениях, вызываются в IMDx, анализатор VNA пытается «угадать» наиболее вероятные отсутствующие данные.

Когда файлы .mxr(x) из приложения IMDx * вызываются в других приложениях, избыточные данные игнорируются.

Когда файлы *.mxr(x) вызываются в канале IMx Spectrum с любым диапазоном в режиме развертки, вызванные данные игнорируются, и появляется сообщение об ошибке.

Внешние источники

Файлы *.mxr(x) содержат имя источника сигнала гетеродина. Однако они НЕ содержат данные о конфигурации источника сигнала гетеродина. Поэтому при использовании файлов *.mxr(x), созданных на другом VNA, анализатор VNA выдаст ошибку, если не найдет данные о конфигурации источника сигнала гетеродина, используя В ТОЧНОСТИ то же самое имя источника сигнала гетеродина.

Apply (Применить): нажмите, чтобы применить настройки испытательной схемы смесителя/преобразователя к измерениям. Диалоговое окно настройки смесителя остается ОТКРЫТЫМ.

OK: нажмите, чтобы применить настройки испытательной схемы смесителя/преобразователя к измерениям. Диалоговое окно настройки смесителя будет ЗАКРЫТО.

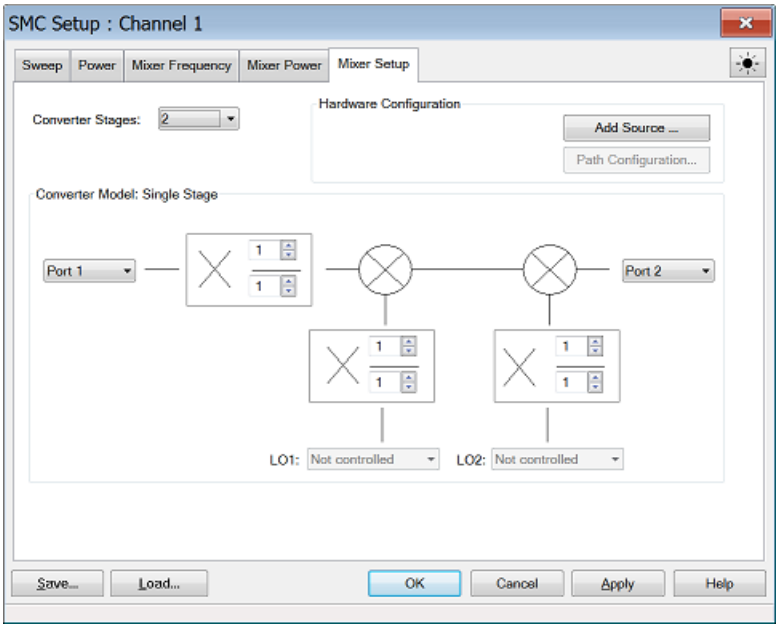
Cancel (Отменить): нажмите, чтобы закрыть диалоговое окно настройки смесителя БЕЗ применения настроек.

См. также

Как измерить испытуемое устройство с встроенным гетеродином

Справка **вкладки Mixer Setup (Настройка смесителя)**

Команды программирования



Примечание. В приложении Swept IMDx используется разновидность этого диалогового окна. Подробнее.

Converter Stages (Число ступеней преобразователя): выберите одно- или двухступенчатый преобразователь.

Hardware Configuration (Конфигурация оборудования)

Здесь показана конфигурация тракта для переключателей порта 3 и порта 4. См. настройки конфигурации оборудования.

Add Source (Добавить источник): нажмите, чтобы открыть диалоговое окно External Device Configuration.

Path Configuration (Конфигурация тракта) (только PNA): нажмите, чтобы открыть диалоговое окно Path Configuration.

Порты испытуемого устройства

ТОЛЬКО VMC: выберите порт VNA для соединения с выходом испытуемого устройства. Вход испытуемого устройства всегда должен быть соединен с портом 1 VNA, поскольку на порту 1 необходим эталонный смеситель.

Все остальные приложения преобразователя: выберите порты VNA для соединения с входом и выходом испытуемого устройства.

Дробные множители

Сочетание числителя/знаменателя образует дробную величину, на которую умножаются диапазоны частот входного сигнала и гетеродина. Эти значения используются для вычисления частоты ответного сигнала приемника VNA для выхода преобразователя. С помощью дробных множителей можно:

моделировать действие смесителей на гармониках;
моделировать действие умножителей и делителей, которые могут присутствовать в испытательной схеме;
подстраивать частоту приемника VNA под гармонику смесителя/преобразователя.

Диапазон значений числителя и знаменателя дробного множителя — от +1 до +10. Отрицательные значения НЕ поддерживаются. См. примеры дробных множителей.

LO1 (Гетеродин 1) и LO2 (Гетеродин 2)

Выберите значение **Not controlled (Не контролируется),** чтобы внешний источник постоянно обеспечивал фиксированную частоту гетеродина. В противном случае выберите внутренний источник VNA или внешний источник, который должен использоваться как гетеродин.

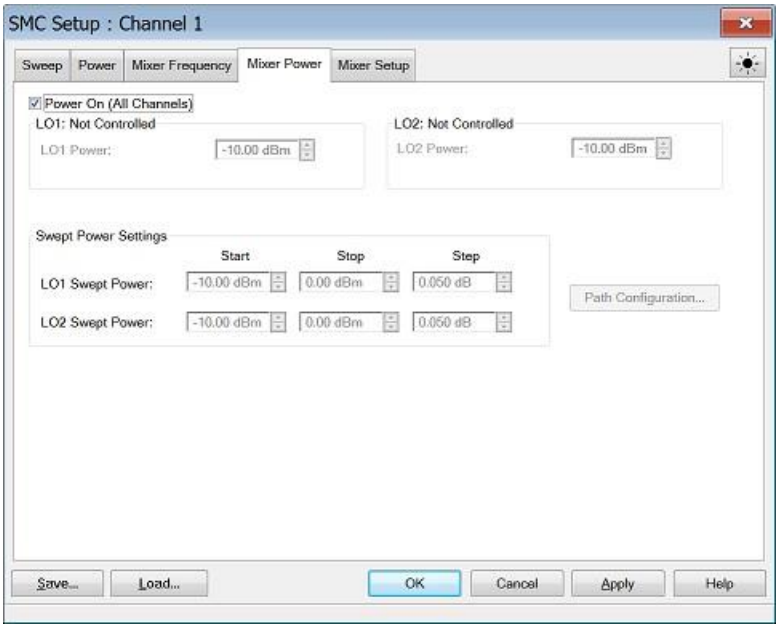
См. также

Как измерить испытуемое устройство с встроенным гетеродином

Подробнее об этих кнопках.

Справка **вкладки Mixer (LO) Power (Мощность (гетеродина) смесителя)**

Команды программирования



Служит для конфигурирования параметров мощности гетеродина.

Power ON (All channels) (Включить питание (все каналы)): установите этот флажок, чтобы ВКЛЮЧИТЬ или ВЫКЛЮЧИТЬ сразу ВСЕ внутренние источники ВЧ-сигнала VNA для всех каналов.

LO1 Power (Мощность гетеродина 1): задает уровень мощности для гетеродина 1.

Source Leveling (Выравнивание источника): при использовании внутреннего источника для гетеродина 1 всегда устанавливайте значение Internal (Внутренний).

LO2 Power (Мощность гетеродина 2): задает уровень мощности для гетеродина 2.

Source Leveling (Выравнивание источника): при использовании внутреннего источника для гетеродина 2 всегда устанавливайте значение Internal (Внутренний).

Настройки портов

Port 3 (Порт 3): этот параметр используется, когда сигнал гетеродина подается через заднюю панель и выходной порт 3.

Source Attenuator (Аттенюатор источника): задает аттенюатор порта 3. Этот аттенюатор влияет на диапазон мощности, подаваемой на порт гетеродина испытуемого устройства. Подробнее об аттенюации источника.

Receiver Attenuator (Аттенюатор приемника): позволяет задать аттенюацию для приемника порта 3.

Port 4 (Порт 4): этот параметр используется, когда сигнал гетеродина подается через заднюю панель и выходной порт 3.

Source Attenuator (Аттенюатор источника): задает аттенюатор порта 4. Этот аттенюатор влияет на диапазон мощности, подаваемой на порт гетеродина испытуемого устройства. Подробнее об аттенюации источника.

Receiver Attenuator (Аттенюатор приемника): позволяет задать аттенюацию для приемника порта 4.

Swept Power Settings (Настройки развертки мощности): данное поле служит для ввода параметров развертки мощности.

Path Configuration (Конфигурация тракта) (только PNA): нажмите эту кнопку, чтобы открыть диалоговое окно RF Path Configuration.

Примечание. Измерения VMC с использованием VNA с внутренним вторым источником.

Источник 2 настраивается автоматически и подает мощность на ОБА доступных порта одновременно. Этот параметр НЕЛЬЗЯ изменить.

Кроме того, мощность может быть несвязанной, и тогда на каждый порт подаются разные уровни мощности. Эта функция позволяет подавать мощность и на гетеродин испытуемого устройства, и на гетеродин эталонного смесителя без использования делителя. См. «Настройка VMC».

См. также

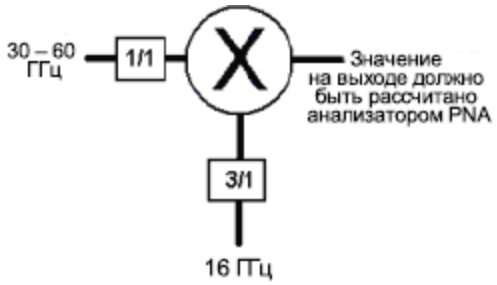
Как измерить испытуемое устройство с встроенным гетеродином

Подробнее об этих кнопках.

Примеры дробных множителей

Пример 1

Используется дробный множитель гетеродина для воспроизведения действия смесителя на третьей гармонике, чтобы анализатор VNA точно рассчитал частоту приемника. Частоты входного сигнала и гетеродина известны.



Введите следующие параметры в диалоговом окне **Mixer Setup (Настройка смесителя):**

Начальная частота на входе: 30 ГГц

Конечная частота на входе: 40 ГГц

Фиксированная частота гетеродина: 16 ГГц

Селектор результата смешения: (разность)

Гетеродины: 1

Дробный множитель гетеродина: 3/1

Дробный множитель входного сигнала: 1/1

Нажмите кнопку **Calculate Output (Вычислить частоту на выходе).**

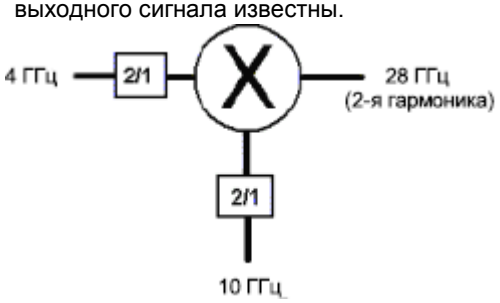
Результаты:

Начальная частота на выходе: 18 ГГц

Конечная частота на выходе: 8 ГГц

Пример 2

Дробные множители используются для настройки частоты приемника VNA на вторую гармонику при основной гармонике 14 ГГц на выходе смесителя. Частоты входного сигнала, гетеродина и выходного сигнала известны.



Введите следующие параметры в диалоговом окне

Mixer Setup (Настройка смесителя):

Начальная частота на входе: 4 ГГц

Конечная частота на входе: 4 ГГц

Фиксированная частота гетеродина: 10 ГГц

Селектор результата смешения: + (Сумма) входного сигнала и сигнала гетеродина

Гетеродины: 1

Дробный множитель на ВХОДЕ = 2/1

Дробный множитель гетеродина = 2/1

Нажмите кнопку **Calculate Output (Вычислить частоту на выходе).**

Результаты:

Начальная частота на выходе: 28 ГГц

Конечная частота на выходе: 28 ГГц

Пример 3

Используется дробный множитель гетеродина для воспроизведения действия механизма деления на два, входящего в блок смесителя. После этого анализатор VNA может точно рассчитать частоту приемника. Частоты входного сигнала и гетеродина известны.

Введите следующие параметры в диалоговом окне **Mixer Setup (Настройка смесителя):**

Начальная частота на входе: 45 МГц

Конечная частота на входе: 50 МГц

Фиксированная частота гетеродина: 670 МГц

Селектор результата смешения: **+** (Сумма) входного сигнала и сигнала гетеродина

Гетеродины: 1

Дробный множитель на ВХОДЕ = 1/1

Дробный множитель гетеродина = 1/2

Нажмите кнопку **Calculate Output (Вычислить частоту на выходе).**

Результаты:

Начальная частота на выходе: 380 МГц

Конечная частота на выходе: 385 МГц

SMC плюс фаза

SMC+Phase

С помощью SMC можно измерять фазу в качестве дополнительной опции. Эта функция доступна ТОЛЬКО при наличии опции S93083A в модели VNA-X или N522x. Функция SMC+Phase НЕ предлагается в модели N523xB.

В данной теме:

Общие сведения

Выполнение измерений с помощью функции SMC+Phase

Измерение смесителей на частоте ниже 55 МГц

Сравнение SMC+Phase с измерениями фазы VMC

Повышение стабильности измерений SMC+Phase

Калибровка двухступенчатых измерений (с гетеродином) SMC+Phase

См. также

Массив калибровочных коэффициентов с опорной фазой SMC

Измерения и калибровка SMC

Демонстрация SMC+Phase(требуется подключение к сети интернет)

Другие темы, связанные с FCA

Общие сведения

В VNA используются три метода калибровки измерений SMC+Phase. В основе всех трех методов лежат новые фазово-когерентные синтезаторы, реализованные в анализаторе VNA, которые обеспечивают возможность определения фазы при измерениях смещения частоты.

В первых двух методах во время калибровки SMC измеряется фазовая задержка на калибровочном смесителе, которая сравнивается с известной задержкой. Эта разница используется для корректировки последующих измерений SMC+Phase.

Для применения первых двух методов необходим калибровочный смеситель.

Ввод известной задержки в диалоговом окне.

Использование известной задержки при различных частотах из файла *s2p с характеристиками смесителя. Файл *S2P создается пользователем в результате отдельного определения характеристик смесителя. Этот метод НЕ поддерживается при использовании калибровки Cal All.

Использование опорной фазы для выполнения калибровки «1-го уровня». Калибровочный смеситель в этом процессе НЕ требуется. Подробнее о данном процессе.

Примечания.

Эталонный смеситель для применения данных методов НЕ требуется, поскольку используется VMC.

Измерения SMC+Phase могут выполняться на преобразователях со встроенным гетеродином. Как это сделать. Фазу можно измерять с разверткой мощности.

Фазу НЕЛЬЗЯ измерить при измерениях со свипированием сигнала гетеродина.

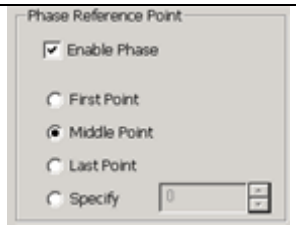
При выполнении измерений SMC+Phase особенно важно обеспечить подключение к VNA **опорного сигнала 10 МГц** от внешнего источника.

Версия A09.90 теперь допускает использование массива калибровочных коэффициентов с опорной фазой вместе с независимыми калибровками мощности для входных и выходных портов (без меры коэффициента передачи). Подробнее.

Выполнение измерений SMC+Phase

Во вкладке Mixer Sweep установите флажок Enable Phase (Разрешить измерения фазы), а затем выберите контрольную точку измерений фазы.

Справка по настройкам фазы во вкладке SMC Mixer Sweep
(Развертка смесителя в SMC)



Enable Phase with SMC (Разрешить измерения фазы в SMC): поставьте флажок, чтобы выполнять измерения фазы.

Измерения фазы можно также включить в диалоговом окне SMC Cal Setup.

Контрольная точка измерений фазы

Методика измерения фазы SMC обеспечивает когерентное фазовое соотношение между одной частотой и другой в каждом ходе развертки. Однако измерение фазы в первой точке данных носит случайный характер от одного хода развертки к другому. Первоначальное смещение фазы не влияет на такие измерения, как групповое время запаздывания или отклонение от линейной фазовой характеристики. Однако чтобы фазовый график не выглядел случайным, все фазовые данные в развертке нормализуются относительно одной точки. В результате это дает стабильный, нормализованный фазовый график.

Для нормализации выберите точку измерений с наилучшим отношением сигнал/шум. Фаза в выбранной точке всегда будет нулевой. Этот выбор применяется как к измерительным, так и к калибровочным ходам развертки.

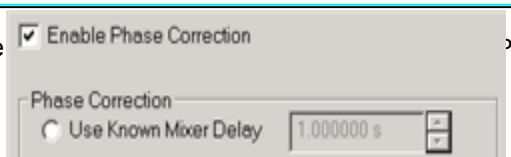
Когда выбрана сегментированная развертка, контрольная точка фиксируется в средней точке.

Команды программирования

Выбор фазы для измерений SMC: нажмите Response, затем Format, затем Phase, Unwrapped phase или Group delay для формата фазы, развернутой фазы или группового времени запаздывания соответственно.

Во время калибровки SMC в диалоговом окне Cal Setup выберите метод коррекции фазы следующим образом.

Справка диалогового окна SMC Cal Setup - Phase Correction
(Настройка калибровки SMC — коррекция фазы)



Enable Phase Correction (Разрешить коррекцию фазы): поставьте флажок, чтобы разрешить измерения фазы. Это также можно сделать во время настройки смесителя.

Phase Correction (Коррекция фазы)

Выберите один из следующих методов задания известной задержки на смесителе с известными характеристиками. В первых двух методах производится измерение фазовой задержки на калибровочном смесителе и ее сравнение с известной задержкой, которая может быть либо введена, либо сохранена в файле *.S2PX.

Use Known Mixer Delay (Использовать известную задержку смесителя): введите известную фиксированную задержку на калибровочном смесителе.

Use characterized mixer (Использовать смеситель с известными характеристиками): выберите и затем укажите путь к файлу *.S2P, в котором содержатся характеристики калибровочного смесителя. Используйте файлы *.S2PX при выполнении сегментных измерений SMC+Phase. Подробнее. Для определения характеристик калибровочного смесителя в диапазоне частот измерений SMC используйте любой из следующих двух методов:

Используйте мастер определения характеристик смесителя. К калибровочному смесителю предъявляются те же требования, что и к калибровочному смесителю для измерений VMC. Подробнее.

В откалиброванном канале VMC измерьте групповое время запаздывания калибровочного смесителя и затем сохраните результаты в файл *.S2P или *.S2PX. Вместе с тем для калибровки канала VMC требуется смеситель с известными характеристиками.

Use Receiver Characterization Calset (Использовать массив калибровочных коэффициентов для определения характеристик приемника): выберите и затем укажите путь к массиву калибровочных коэффициентов с опорной фазой, который охватывает диапазон частот текущих измерений. Подробнее об измерениях SMC с опорной фазой.

Измерение фазы на смесителях с частотой ниже 55 МГц

Измерение фазы на смесителях с частотой ниже 55 МГц представляет трудности по следующим двум причинам.

При таких низких частотах на блоках сопряжения VNA-X происходят значительные потери. VNA-X автоматически сокращает ширину полосы ПЧ при низких частотах, чтобы компенсировать спад на блоке сопряжения. Для измерений SMC+Phase рекомендуется устанавливать усреднение по 100 измерениям, чтобы снизить шум при измерениях задержки SC21. Сочетание этих двух настроек ЗНАЧИТЕЛЬНО снижает скорость измерений.

Рекомендация. При измерении понижающего преобразователя с частотой на выходе ниже 55 МГц установите флажок для Reversed Port 2 Coupler во вкладке SMC Mixer Sweep и измените направление на блоке сопряжения порта 2 на обратное для измерений испытуемого устройства.

С данной настройкой ширина полосы ПЧ при измерении выходной мощности больше не будет сокращаться. Это существенно повышает скорость измерений без снижения их точности.

В анализаторе VNA-X доступно довольно много частотных диапазонов ниже 55 МГц. Для измерений SMC+Phase в пределах каждого частотного диапазона требуется иметь несколько точек измерения.

Рекомендация. Выберите такое количество точек данных, чтобы расстояние между точками НЕ ПРЕВЫШАЛО 200 кГц на точку. Можно использовать сегментированную развертку, чтобы шаг между точками выше 55 МГц не был таким плотным.

Сравнение измерений SMC+Phase с измерениями фазы VMC

Для измерений фазы с помощью SMC НЕ требуется эталонный смеситель, поэтому их выполнять проще, чем измерения фазы VMC. Кроме того, в измерениях SMC калибровочный смеситель требуется только для получения значения известной задержки, хотя файл S2P с характеристиками обеспечивает более точные результаты. Метод калибровки с опорной фазой дает самую высокую точность измерений фазы для смесителей/преобразователей.

При измерении преобразователей со встроенным гетеродином измерения SMC+Phase могут давать аналогичные по стабильности результаты без джиттера между ходами развертки, как в измерениях VMC.

При измерении преобразователей с внешним гетеродином, который используется также эталонным смесителем (как показано на схеме оборудования VMC), VMC дает более стабильные результаты, чем SMC+Phase.

Повышение стабильности измерений SMC+Phase

Стабильность измерений фазы достигается путем увеличения усреднения развертки и иногда путем уменьшения ширины полосы ПЧ, пока не будет достигнут желаемый компромисс между временем развертки и джиттером графика (количеством случайных изменений фазы в одной точке данных). Для измерений SMC+Phase ширина полосы ПЧ по умолчанию равна 10 кГц, а усреднение равно 1. Во время калибровки этот коэффициент усреднения временно умножается на 4 для обеспечения точности калибровки фазы.

Следующая процедура показывает, как просмотреть и улучшить фазовый джиттер. Создайте канал

SMC+Phase (нажмите Response -> Measurement Class).

Поставьте флажок для Enable Phase with SMC (см. выше). На графике фазовой характеристики (который будет показан далее) обратите внимание, что единственная точка, в которой НЕТ джиттера, — это точка данных, выбранная в качестве контрольной точки фазы.

Измените тип измерения на IPWR (нажмите Response -> Measure -> IPWR). Измените формат на Phase (нажмите Response -> Format -> Phase).

Нормализуйте график (нажмите Marker/Analysis -> Memory -> Normalize). Подробнее о нормализации.

Выберите автомасштабирование графика (нажмите Response -> Scale -> Autoscale). Можно также отслеживать джиттер с помощью статистики графика (стандартное отклонение).

Чтобы исправить джиттер, увеличьте усреднение и, если возможно, уменьшите ширину полосы ПЧ (нажмите Response -> Avg BW -> Averaging). Используйте как МИНИМУМ 10 усреднений развертки (никогда не используйте точечное усреднение).

После выполнения эти регулировок измените тип измерений обратно на требуемый.

При измерении нового испытуемого устройства перезапустите усреднение.

Калибровка двухступенчатых измерений SMC+Phase (с гетеродином)

Примечание. Нижеследующее описание НЕ относится к случаям, когда для корректировки измерения SMC+Phase используется калибровка с опорной фазой.

Когда выполняется калибровка двухступенчатых измерений SMC+Phase на групповое время

запаздывания с использованием охарактеризованного смесителя, для настройки канала требуются значения частоты для двух гетеродинов, однако охарактеризованный прямой смеситель использует только один гетеродин. Частоты гетеродина 1 и гетеродина 2 отличаются. Есть два способа преодоления этого препятствия.

Перед калибровкой установите для сигнала гетеродина, поступающего от внешнего источника, параметр «Не контролируется». Затем вручную задайте в качестве частоты этого внешнего источника частоту гетеродина, обеспечивающую те же частоты на входе и выходе и то же направление развертки, что и двухступенчатая схема. Выполните калибровку при этих условиях. После калибровки верните гетеродин в состояние «Контролируется», чтобы его частота устанавливалась должным образом во время измерения испытуемого устройства.

Задайте конфигурацию одноступенчатой схемы смесителя, в которой частота гетеродина обеспечивает те же частоты на входе и выходе и то же направление развертки, что и двухступенчатая схема. Выполните калибровку при этих условиях. Сохраните данные калибровки в качестве пользовательского массива калибровочных коэффициентов. Задайте конфигурацию двухступенчатой схемы и примените одноступенчатую калибровку.

Калибровка с опорной фазой SMC

Калибровка с опорной фазой выполняется с целью упростить процесс калибровки для измерений SMC+Phase.

В данной теме:

Особенности, требования и ограничения
Как это работает
Схема оборудования
Краткие сведения о калибровке с опорной фазой
Порядок выполнения калибровки с опорной фазой

Другие темы, связанные с FCA

Особенности

Значительно упрощает измерения фазы на смесителях.

Эталонный смеситель или калибровочный смеситель НЕ требуются.

Хорошо сочетается с сегментированными развертками и смесителями с двухтактными гетеродинами.

Требования

Один из следующих генераторов опорных значений фаз Keysight (опорная фаза):

U9391C (26,5 ГГц);

U9391F (50 ГГц);

U9391G (67 ГГц) — требуется аттенюация приемника.

Примечание. При использовании опорного выходного сигнала прибора (10 МГц) в качестве источника возбуждения для генератора опорных значений фаз рекомендуется включить в схему преобразователь синусоидальных импульсов в прямоугольные U9391-60009. Выход прибора (10 МГц) соединяется с входом генератора опорных значений фаз. См. более подробную информацию в Техническом обзоре U9391.

Измеритель мощности или датчик мощности с шиной USB.

Калибровочный набор для S-параметров (механический или модуль ECal).

Для измерений ниже 55 МГц требуется дополнительный калибровочный смеситель с неизвестными характеристиками. Подробнее.

Для измерений между 50 и 67 ГГц требуется дополнительный высокочастотный фильтр. Рекомендуется иметь два сдвоенных волноводно-коаксиальных перехода Keysight V281A.

Примечание. Генератор опорных значений фаз на 67 ГГц создает сильный импульс для генерирования полезных гармоник до 67 ГГц. При низких частотах должна использоваться аттенюация приемника во избежание перегрузки приемника VNA из-за мощного сигнала. Однако при частотах выше 67 ГГц дополнительная аттенюация приемника вызывает ухудшение отношения сигнал/шум на высоких гармониках, что ведет к зашумленным калибровкам фазы. Чтобы избежать перегрузки и получить хорошее отношение сигнал/шум, следует убрать

аттенюатор приемника и установить высокочастотный фильтр между генератором опорных значений фаз и измерительным портом VNA. Мастер калибровки содержит дополнительные шаги, помогающие пользователю установить этот фильтр.

Ограничения

Доступно с опцией S93083A (но НЕ с опцией S93082A). Измерения со свипированием сигнала гетеродина НЕ допускаются.

Наименьшая частота для калибровки с опорной фазой — 10 МГц.

Как это работает

Калибровка с опорной фазой выполняется, сохраняется и впоследствии вызывается во время калибровки SMC. Иногда это называется калибровкой 1-го уровня. Благодаря стабильности VNA калибровка с опорной фазой может выполняться довольно редко. Обычно она выполняется для всего диапазона частот VNA или опорной фазы, чтобы ее можно было применять ко всем калибровкам SMC, которые понадобятся в будущем.

Источником опорной фазы служит генератор опорных значений фаз, который производит сигналы, кратные частоте своего входного сигнала. При ее возбуждении опорным выходным сигналом VNA с частотой 10 МГц источник опорной фазы производит сигналы, кратные 10 МГц, с плоской ФЧХ.

Во время калибровки 1-го уровня приемник порта 2 (B) VNA измеряет фазу при каждом значении 10 МГц, чтобы получить корректировочные значения. Эти корректировочные значения сохраняются в массиве калибровочных коэффициентов с опорной фазой, который можно вызывать и применять для корректировки последующих измерений SMC+Phase.

Хотя фаза калибруется только на приемнике B, на заданных измерительных портах выполняется калибровка S-параметров, которая используется для переноса характеристик на другие приемники VNA.

В рамках калибровки с опорной фазой также выполняется калибровка мощности на порту 1. Ее НЕ требуется выполнять повторно во время калибровки SMC.

Калибровка по смесителю с неизвестными характеристиками (для расширения калибровки с опорной фазой на частоты ниже 55 МГц)

Сам по себе метод калибровки с опорной фазой может использоваться только для калибровки в диапазонах частот не ниже 55 МГц. Подключив один дополнительный смеситель с неизвестными характеристиками, вы можете расширить действие калибровки с опорной фазой на весь диапазон частот VNA-X. Метод смесителя с неизвестными характеристиками также используется для улучшения качества калибровки с опорной фазой на частотах ниже 300 МГц.

При калибровке по методу смесителя с неизвестными характеристиками фаза на этом смесителе измеряется так же, как на понижающем преобразователе с частотами выходного сигнала, заданными в диапазоне от 10 до 600 МГц. Используя данные, полученные с помощью метода калибровки с опорной фазой, система может выдавать откалиброванные результаты измерений смесителя на частотах выше 300 МГц. Предполагается, что ФЧХ смесителя с неизвестными характеристиками линейна, поэтому ФЧХ смесителя экстраполируется до 10 МГц. Отклонения результатов измерений от ожидаемой ФЧХ относятся на счет ФЧХ приемников VNA в пределах от 10 до 300 МГц и используются для их коррекции.

Свойства смесителя с неизвестными характеристиками

Смеситель должен быть способен выдавать сигнал с частотой от 0 Гц до 1 ГГц.

Во всем этом диапазоне частот характеристика задержки смесителя должна оставаться неизменной. Следовательно, смеситель с неизвестными характеристиками должен быть пассивным, без фильтрации или усиления.

Для уменьшения эффекта рассогласования добавьте аттенюаторы на 10 дБ на входе и выходе смесителя.

Схема оборудования

Подключите источник опорной фазы U9391 к источнику питания постоянного тока. См. более подробную информацию в Техническом обзоре U9391.

Зеленый провод — заземление.

Красный провод — питание +15 В пост. тока. Для моделей U9391C и U9391F требуется только +12 В пост. тока. Черный провод не используется.

Подключите кабель от выхода опорного сигнала 10 МГц на задней панели VNA к входу U9391. Этот кабель должен быть как можно более коротким.

Примечание. При использовании опорного выходного сигнала прибора (10 МГц) в качестве источника возбуждения для генератора опорных значений фаз рекомендуется включить в схему преобразователь синусоидальных импульсов в прямоугольные U9391-60009. Выход прибора (10 МГц) соединяется с входом генератора опорных значений фаз. См. более подробную информацию в Техническом обзоре U9391.

Подключите выход U9391 напрямую к измерительному порту 2 VNA.

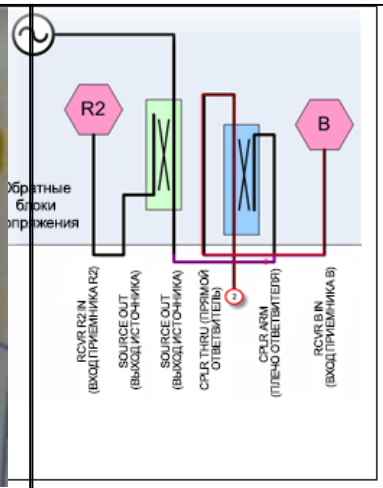
Вставьте USB-соединитель U9391 в любой из USB-портов VNA.

Из-за спада на низких частотах сопряжение на порту 2 должно быть обратным, что позволяет обойти сдвоенное плечо. Переверните перемычки порта 2 на передней панели, как показано на рисунке ниже. Это увеличит поступающую на приемник мощность приблизительно на 16 дБ при низких частотах и устранит шумы во время измерений.

Краткие сведения о калибровке с опорной фазой

В мастере калибровка с опорной фазой при выполнении шагов будут отображаться соответствующие подсказки.

Установите перемычки приемника B порта 2 на передней панели вертикально, как показано на рисунке.



Блок-схема, показывающая соединение главного плеча направленного ответвители порта 2 с приемником B.

Если разрешен метод смесителя с неизвестными характеристиками (начальная частота — 10 МГц)

Измените направление перемычек порта 2 на обратное.

Измеряется согласование входа и выхода смесителя с неизвестными характеристиками. Затем выполняются измерения SC21 с усреднением по 100 значениям.

Измерение опорной фазы и калибровка S-параметров при частотах ниже 50 ГГц.

Калибровка S-параметров НЕ выполняется, если стоит флажок Omit Coupler Measurements (Пропустить измерения блоков сопряжения). Измените направление перемычек порта 2 на обратное.

При работе с источником опорной фазы с частотой 67 ГГц используйте аттенюатор приемника или внешний аттенюатор.

При частоте выходного сигнала смесителя выше 50 ГГц выполняется измерение опорной фазы и калибровка S-параметров.

Подключите высокочастотный фильтр 50 ГГц к выходу источника опорной фазы.

Измените направление перемычек порта 2 на обратное.

Аттенюатор приемника или внешний аттенюатор НЕ используются.

Измерение датчиком мощности в полном диапазоне.

Подключите датчик мощности к порту 1. Блок сопряжения порта 2 в обычном положении.

Калибровка S-параметров в полном диапазоне.

Подключите эталоны к порту 1.

Блок сопряжения порта 2 в обычном положении.

Высокочастотный фильтр НЕ используется.

Аттенюатор приемника или внешний аттенюатор НЕ используются.

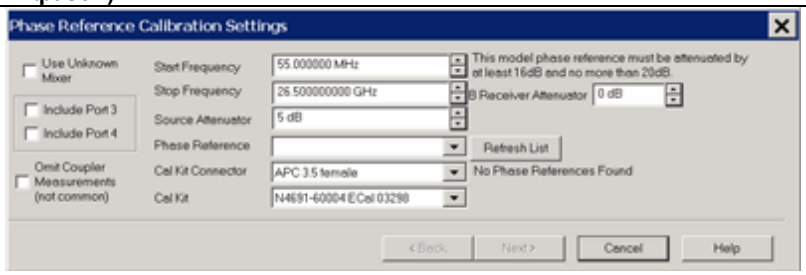
Порядок выполнения калибровки с опорной фазой

При активном скалярном измерении смесителя/преобразователя с измерением фазы...

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки	С помощью мыши
Нажмите **Cal** > ***Main*** > **Other Cals** > **Phase Reference Wizard...**	Нажмите Response. Выберите Cal. Выберите Other Cals. Выберите Phase Reference Wizard...

Команды программирования

Справка диалогового окна Phase Reference Cal Settings (Настройки калибровки с опорной фазой)



Use Unknown Mixer (Использовать смеситель с неизвестными характеристиками)

Установите этот флажок, чтобы использовать смеситель с неизвестными характеристиками для калибровки приемников VNA при частотах ниже 55 МГц. В поле Start Frequency (Начальная частота) появится значение 10 МГц, которое нельзя изменить. Узнайте, как это работает.

Порты

Порты 1 и 2 выбраны всегда.

Выберите порты 3 и 4, если на этих портах требуется выполнить калибровку S-параметров (SOLT). Коррекция фазы переносится на все отмеченные порты.

Omit Coupler Measurements (Пропустить измерения блоков сопряжения)

Этот параметр можно выбрать, когда конечная частота меньше или равна 50 ГГц. Установка этого флажка упрощает процедуру калибровки, поскольку сокращает число необходимых этапов калибровки с некоторыми компромиссами. Когда этот флажок снят, опорная калибровка фазы всегда будет максимально точной.

Когда это флажок установлен:

порт 2 НЕЛЬЗЯ использовать как вход испытуемого устройства при последующей настройке измерений SMC+Phase;

калибровка датчика мощности выполняется на конце кабеля для тестирования, подключенного к порту 1, что может снизить точность измерений потерь и усиления при преобразовании вследствие движения кабеля во время калибровки. Чтобы свести к минимуму эту проблему, используйте высококачественный кабель и исключите перемещение кабеля между этапами калибровки.

Start / Stop Frequency (Начальная и конечная частоты)

Выберите начальную и конечную частоты для калибровки с опорной фазой. Последующие калибровки для измерений SMC+Phase ОБЯЗАТЕЛЬНО должны выполняться с теми же частотами или в их пределах. Когда «сетка» охарактеризованных частот 10 МГц не совпадает с частотами измерений, выполняется интерполяция.

Когда флажок для использования смесителя с неизвестными характеристиками НЕ установлен, наименьшая начальная частота составляет 55 МГц. Наименьшая конечная частота составляет 1 ГГц.

Когда флажок для использования смесителя с неизвестными характеристиками УСТАНОВЛЕН, начальная частота составляет 10 МГц и НЕ может быть изменена. Наименьшая конечная частота составляет 5 ГГц.

Source Attenuator (Аттенюатор источника)

Выберите значение аттенюации для порта источника VNA.

Важные примечания об аттенюации источника

Эта настройка должна совпадать с настройкой аттенюатора порта 1, используемой для последующих измерений SMC+Phase. Если эти настройки одинаковы, для завершения процесса калибровки требуется выполнить только калибровку S-параметров с помощью мастера калибровки SMC+Phase. Если эти настройки отличаются, необходимо выполнить калибровку Cal All, для которой требуется и калибровка S-параметров, и еще одна калибровка с помощью датчика мощности. В качестве варианта, если вы планируете

проводить измерения SMC+Phase с другими настройками входного аттенюатора, вы можете выполнить две калибровки с опорной фазой с использованием разных настроек аттенюатора.

Калибровка с опорной фазой при использовании входного аттенюатора менее точна. Результаты калибровки будут лучше, если использовать для аттенюации источника значение 0 дБ. Затем воспользуйтесь функцией Cal All для выполнения калибровки 2-го уровня с требуемой входной аттенюацией. Дело в том, что функция Cal All включает в себя калибровку аттенюатора, которая позволит должным образом перенести калибровку с опорной фазой из плоскости 0 дБ аттенюатора в новую (требуемую) плоскость аттенюатора.

Phase Reference (Опорная фаза)

Когда VNA обнаруживает источник опорной фазы, он должен появиться в этом поле. Если он НЕ появляется, попробуйте использовать другой USB-порт, затем нажмите Refresh (Обновить).

Тип и пол соединителей источника опорной фазы. Если источник опорной фазы НЕ стыкуется напрямую с измерительным портом, можно добавить к источнику опорной фазы стабильный широкополосный (без фильтров, волноводов и т. п.) переход и игнорировать его. Дело в том, что переход останется в составе источника опорной фазы, а плоскость калибровки по-прежнему будет проходить по соединителям измерительных портов VNA. переход добавляет постоянную задержку, а калибровка вычленяет отклонение в задержке. Потери на переходе не представляют проблем, так как он не используется во время калибровки S-параметров и калибровки с помощью измерителя мощности.

Cal Kit Connector (Соединитель калибровочного набора)

Выберите тип и пол соединителей калибровочного набора.

Указывается только ОДИН пол и тип соединителя. Это связано с тем, что вся калибровка с опорной фазой выполняется на измерительных портах VNA с целью снижения влияния движений кабеля на определяемые характеристики.

Иногда для подключения источника опорной фазы или калибровочных мер к измерительным портам используются переходы или защита соединителей. В этих случаях для обеспечения максимальной точности используйте этот пол и тип соединителей переходов для ВСЕХ подключений ко ВСЕМ измерительным портам. Влияние перехода будет автоматически вычленено во время последующих калибровок для измерений SMC+Phase.

Примечание. Для достижения максимальной точности выполните калибровку с опорной фазой на измерительных портах.

Cal Kit (Калибровочный набор): выберите калибровочный набор, который будет использоваться для выполнения калибровки S-параметров.

B Receiver Attenuator (Аттенюатор приемника B)

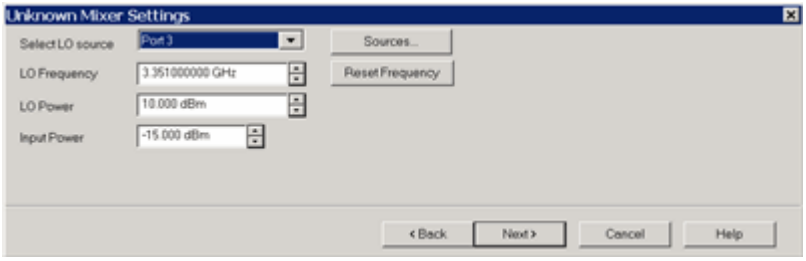
Источник опорной фазы на 67 ГГц (U9391G) выдает слишком высокую мощность и перегружает приемник порта 2 (B) VNA. При работе с этим источником опорной фазы для получения точных результатов измерений используйте аттенюацию приемника не менее 16 дБ и не более 20 дБ.

Это сообщение выводится, когда к USB подключен источник опорной фазы на 67 ГГц.

Элемент управления аттенюатором приемника B отображается, если в используемом анализаторе VNA есть аттенюаторы приемников. В противном случае подключите внешний аттенюатор к выходу U9391G при появлении соответствующей подсказки.

Справка диалогового окна Unknown Mixer Settings (Настройки смесителя с неизвестными характеристиками) (мастер калибровки с опорной фазой)

Следующие страницы мастера появляются в том случае, если на предыдущей странице был установлен флажок для использования смесителя с неизвестными характеристиками.

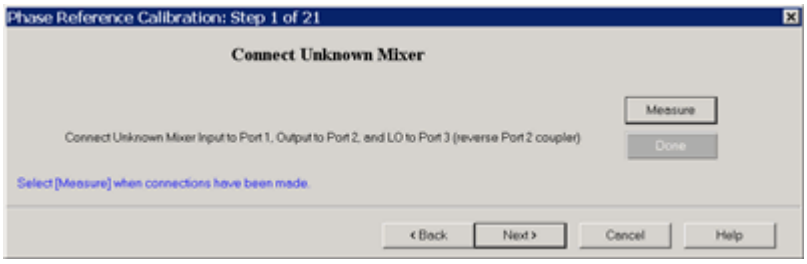


Select LO source (Выбрать источник сигнала гетеродина): источник сигнала гетеродина может быть вторым внутренним источником или внешним источником.

Sources (Источники): нажмите, чтобы открыть диалоговое окно External Devices, в котором можно выбрать или настроить внешний источник ВЧ.

LO Frequency (Частота гетеродина): выберите частоту, при которой будет получен выходной сигнал смесителя с неизвестными характеристиками с частотой от 10 до 600 МГц по следующей формуле: Сигнал на входе = Сигнал гетеродина + Сигнал на выходе.

Примечание. Для наилучших результатов используйте частоту гетеродина по умолчанию, которая не допускает пересечений с диапазоном входных частот (источника) VNA-X.



Для этих измерений блок сопряжения порта 2 должен быть обратным. Как это сделать.

Подключите вход смесителя с неизвестными характеристиками между портом 1 и портом 2. Для наилучших результатов подключите выход смесителя как можно ближе к порту 2.

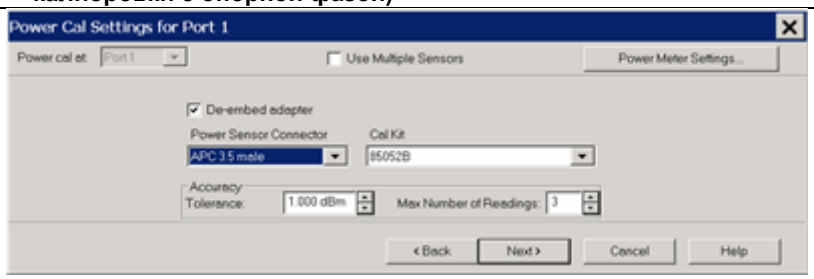
Подключите гетеродин смесителя с неизвестными характеристиками. Нажмите

Measure (Измерить).

Измеряется согласование входа и выхода смесителя с неизвестными характеристиками, затем — SC21 с использованием усреднения по 100 измерениям.

Шаг между точками данных калибровки уменьшается до 156 кГц. Такое расстояние между точками необходимо для точного определения характеристик разрывов полосы низких частот VNA-X.

Справка диалогового окна Power Cal Settings (Настройки калибровки мощности) (мастер калибровки с опорной фазой)

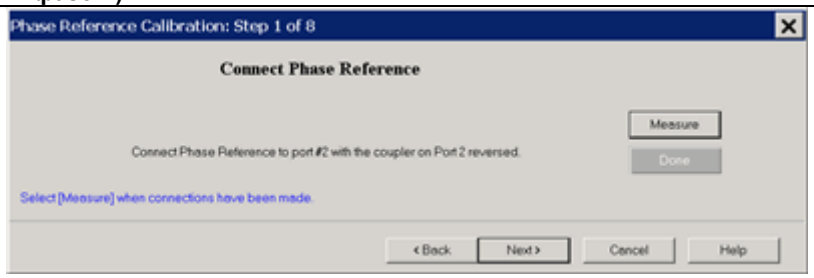


Калибровка мощности выполняется на порту 1. Это упрощает последующие калибровки SMC, поскольку калибровку мощности не придется повторять.

Для обеспечения максимальной точности подключите датчик мощности напрямую к измерительному порту, без перехода.

Подробнее об этих настройках.

Справка диалогового окна Phase Reference Calibration Steps (Этапы калибровки с опорной фазой)



Подключите источник опорной фазы напрямую к измерительному порту 2.

Если необходим переход, то его следует оставить на месте при калибровке SOLT на порту 2.

При использовании источника опорной фазы на 67 ГГц требуются аттенюатор или высокочастотный фильтр.

Убедитесь, что блок сопряжения порта 2 имеет обратное направление. Как это сделать.

Нажмите Measure (Измерить).

VNA выполнит ряд измерений, которые могут занять несколько минут. Сначала измеряется

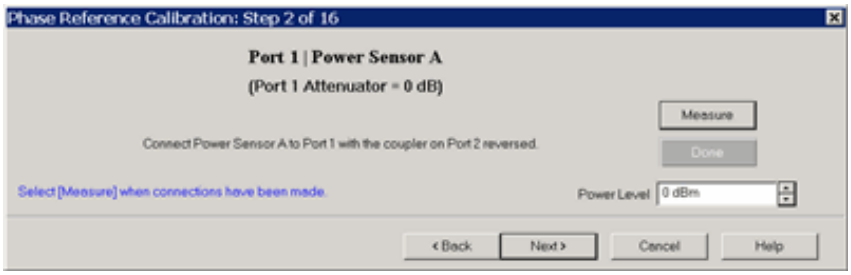
согласование источника опорной фазы.

Затем выполняется развертка, кратная 10 МГц, по всему диапазону частот. Каждое измерение повторяется 100 раз и усредняется для снижения шума при измерениях.

Если приблизительный уровень мощности не обнаружен, выдается ошибка.

5. По завершении нажмите кнопку Next> (Далее).

Датчик мощности A

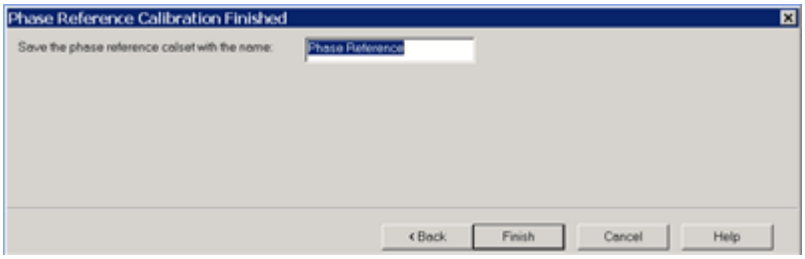


Подключите датчик мощности к измерительному порту 1.

Калибровки SOLT выполняются на измерительных портах.

Мера коэффициента передачи всегда выполняет калибровку по неизвестной мере коэффициента передачи. Следуя подсказкам, выполните калибровку с опорной фазой.

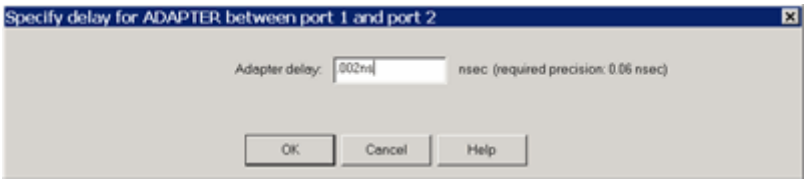
Завершение калибровки с опорной фазой



Введите имя калибровки с опорной фазой и нажмите кнопку Finished (Завершить).

При последующих калибровках SMC выберите этот массив калибровочных коэффициентов с опорной фазой в диалоговом окне настройки калибровки SMC. Подробнее.

Ввод задержки



Если вы знаете значение задержки для подключения неизвестной меры коэффициента передачи, введите его здесь. В противном случае нажмите OK, чтобы принять вычисленное значение.

Порядок выполнения измерения SMC с фиксированным выходным сигналом

Приведенный ниже пошаговый пример иллюстрирует порядок измерения однотактного смесителя в режиме гетеродина с разверткой с использованием скалярной калибровки смесителей FCA.

По сравнению с VMC для SMC требуется меньше компонентов и меньше этапов измерения. Теперь с помощью SMC могут выполняться относительные измерения фазы. Кроме того, ТОЛЬКО SMC (но не VMC) позволяет измерять обратные потери преобразования.

Данная процедура также может использоваться для измерений с **фиксированным** гетеродином, которые выполняются аналогичным образом. Хотя второй источник все-таки нужен, при использовании внешнего источника физические кабели запуска между VNA и внешним источником не требуются.

Необходимое оборудование

Анализатор модели PNA-X или PNA C

с опцией S93083A (FCA) или опцией S93082A (SMC)

Внешний источник с шиной GPIB. Не требуется при использовании VNA-X с внутренним вторым источником. Модуль ECal с соединителями, подходящими к соединителям на входе и выходе испытуемого устройства.

Для сопряжения модуля ECal с соединителями испытуемого устройства могут использоваться переходы, но для этого сначала необходимо выполнить определение пользовательских характеристик ECal с подсоединенными переходами. ECal значительно упрощает калибровку FCA.

Измеритель/датчик мощности с шиной GPIB или USB. Кабели и переходы.

Примечание. В данной процедуре упоминается внешний источник для управления гетеродином. Если используется анализатор VNA-X с внутренним вторым источником, то внешний источник не требуется. Подключите гетеродин напрямую к выходу второго источника.

Пример для смесителя

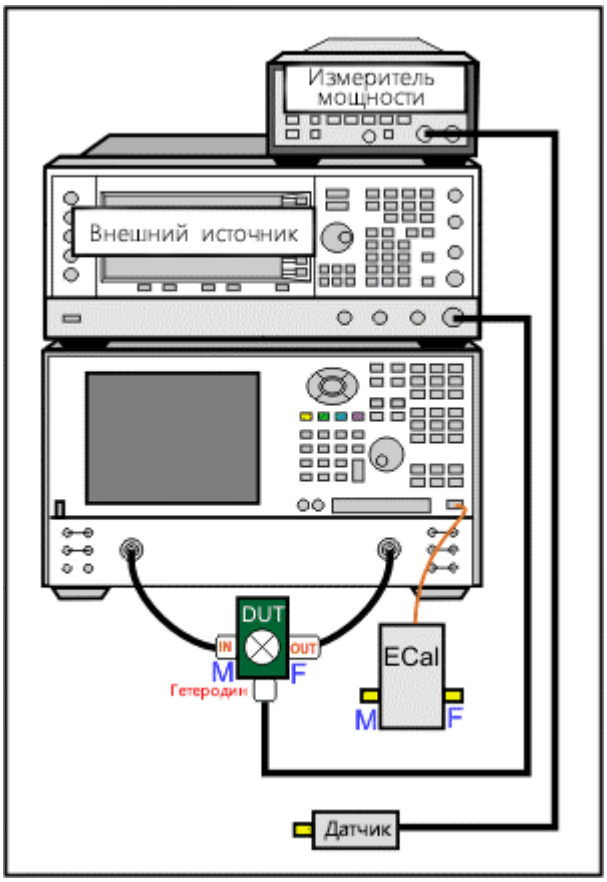
Используемое в примере устройство — это понижающий преобразователь/смеситель со следующими характеристиками: диапазон частот гетеродина и входного сигнала: от 2 до 4,2 ГГц; диапазон частот выходного сигнала: от 0 до 1,3 ГГц.

Будут измеряться:

прямые вносимые потери преобразования (SC21);
согласование по входу (S11);
согласование по выходу (S22);
обратные вносимые потери преобразования (SC12).

Схема оборудования для измерений SMC

Подключите устройства, как показано на схеме ниже.



Испытуемое устройство может быть подключено к любым портам VNA. Подробнее.

В данной процедуре вход испытуемого устройства подключен к порту 1 VNA, а выход — к порту 2 VNA.

В данной процедуре упоминается внешний источник для управления гетеродином. Если используется анализатор VNA-X с внутренним вторым источником, то внешний источник не требуется. Подключите гетеродин напрямую к выходу второго источника (порт 3 или порт 4 на VNA-X).

Подключения на задних панелях

Если используется измеритель мощности с шиной GPIB, подключите его к разъему GPIB внешнего источника. Если используется измеритель мощности с шиной USB, подключите его к свободному порту USB.

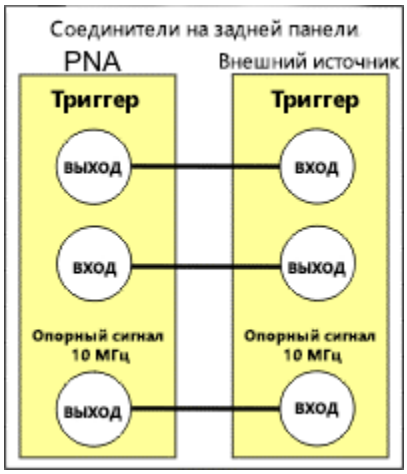
Если используется VNA-X с внутренним вторым источником, следующие три шага не требуются. Подключите гетеродин напрямую к выходу второго источника.

С помощью кабеля GPIB соедините порт контроллера GPIB анализатора VNA с разъемом GPIB внешнего источника.

С помощью двух кабелей BNC соедините разъемы Trigger источника и анализатора VNA, как показано на следующем рисунке. Это не требуется при выполнении измерений с фиксированным гетеродином.

С помощью кабеля BNC соедините **выход опорного сигнала 10 МГц** анализатора VNA с Source (Источник):

входом опорного сигнала 10 МГц внешнего источника.



Создание измерения

Подключите испытуемое устройство.

Нажмите **Setup** > ***External Hardware*** > **Power Meter Setup...**

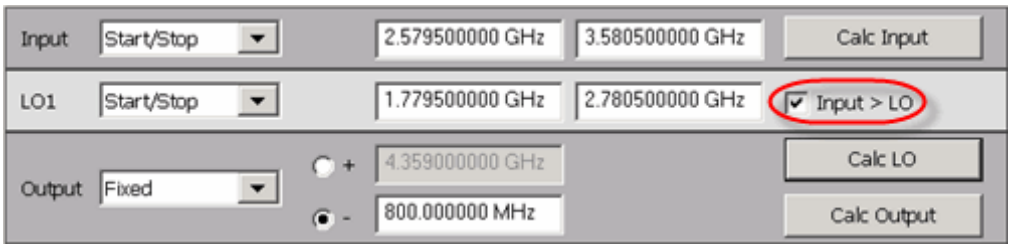
В разделе Interface (Интерфейс) выберите **GPIB** и введите адрес измерителя мощности. Либо выберите **USB**, а затем выберите измеритель мощности с шиной USB, подключенный к анализатору VNA.

Нажмите Preset (Предварительные настройки), чтобы обеспечить начало измерений с известного состояния. Нажмите **Meas** > ***S-Param*** > **Meas Class...**
Нажмите **Meas** > ***S-Param*** > **SC21**, чтобы сменить график S11.

Настройка параметров смесителя

Нажмите **Freq** > ***Main*** > **SMC Setup...,** чтобы открыть диалоговое окно SMC Setup (Настройка SMC).

На вкладке **Mixer Frequency** (Частота смесителя) введите значения параметров настройки смесителя, как показано на рисунке ниже.



Примечания.

Чтобы не вводить ВСЕ настройки частоты, можно указать частоты входного и выходного сигнала, а затем нажать **Calculate LO** (Вычислить гетеродин).

Если флажок **Input>LO** НЕ поставлен, анализатор VNA предполагает, что частота на входе должна быть меньше частоты гетеродина, и в результате вычисляются более высокие частоты гетеродина.

Параметр уровня мощности гетеродина задает значение мощности на выходе внешнего источника, а не на испытуемом устройстве, если только не выполняется калибровка мощности гетеродина.

При действительных настройках вокруг кнопки **Apply** (Применить) имеется выделение фоновым цветом.

Настройка источника сигнала гетеродина

На вкладке **Mixer Setup** (Настройка смесителя):

Измените значение LO1, указав либо внутренний источник анализатора VNA, либо предварительно настроенный внешний источник. Для настройки внешнего источника выполните следующие действия.

Нажмите кнопку **Add Source** (Добавить источник) в правом верхнем углу диалогового окна Mixer Setup. Введите необходимые данные в диалоговом окне External Source Configuration (Конфигурация внешнего источника).

Если не удастся установить связь с источником, анализатор VNA выдаст ошибку.

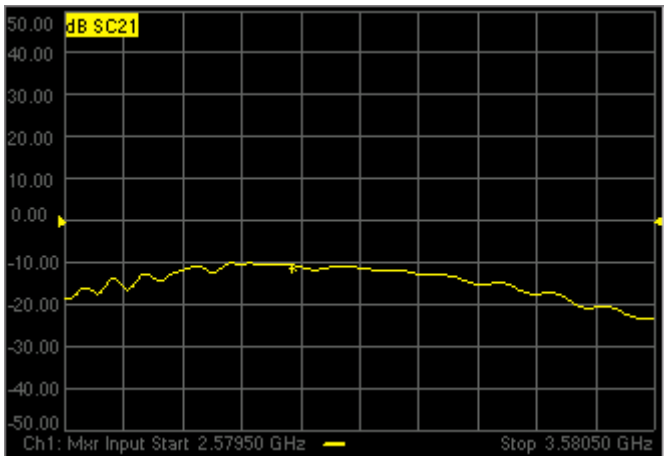
См. раздел «Проблемы?».

Нажмите **OK** для возврата в диалоговое окно Mixer Setup.

Теперь новый внешний источник доступен для выбора в качестве гетеродина 1 (LO1).

Сохраните настройки смесителя в файл, чтобы легко воспользоваться ими в будущем. Для этого нажмите кнопку **Save…** и затем введите описательное имя файла, например «Смеситель_фиксированный_выход».

Когда к частоте будет добавлен компонент от внешнего источника, на графике должна появиться развертка. Он должен выглядеть приблизительно так:



Проблемы?

Нет развертки

На анализаторе VNA нажмите **Trigger** > ***Main*** > **Continuous** для запуска развертки VNA. Следите за сообщениями об ошибках на анализаторе VNA и источнике.

Проблемы с обменом данными с источником

Нажмите **Setup** > ***External Hardware*** > **External Device...** В диалоговом окне External Device Configuration (Конфигурация внешнего устройства) выберите ваш источник сигнала гетеродина, нажмите **Device Properties...** (Свойства устройства...), затем выберите вариант **Software CW** (Программная непрерывная волна) в качестве режима запуска **(Trigger Mode)** и закройте диалоговое окно.
Затем вновь нажмите **Trigger** > ***Main*** > **Continuous** для запуска развертки VNA. Если это помогает решить проблему, значит, есть какая-то неисправность **оборудования (BNC)**. Проверьте кабели запуска на задней панели.

Может ли анализатор VNA обмениваться данными с измерителем мощности? Если нет, то существует проблема со связью через интерфейсы GPIB или USB.

В качестве крайней меры попробуйте перезапустить анализатор VNA. Во-первых, сохраните все настройки в файл .csa. Когда появятся предустановки измерений VNA, вызовите этот файл .csa и продолжайте процедуру с этого шага.

Если есть развертка источника и развертка входа VNA, но нет выходного сигнала.

Проверьте уровни мощности на гетеродине и входе.

Проверьте испытуемое устройство путем измерения с фиксированным гетеродином — это намного проще.

Совет: при желании вы можете откалибровать уровень мощности гетеродина на испытуемом устройстве с использованием стандартной калибровки мощности источника. Выберите порт источника в диалоговом окне Source Power Cal (Калибровка мощности источника).

Выполнение калибровки SMC

Отсоедините испытуемое устройство.

Подключите модуль ECal к порту USB анализатора VNA.

Нажмите **Cal** > ***Main*** > **Smart Cal...** Поскольку активно измерение SC21, мастер калибровки автоматически начнет калибровку SMC.

В диалоговом окне **Calibration Setup** (Настройка калибровки) нажмите **Next** (Далее).

В диалоговом окне **Select DUT Connectors and Cal Kits** (Выбор соединителей испытуемого устройства и калибровочных комплектов) в поле **DUT Port 1** (Порт 1 испытуемого устройства) укажите тип разъема и тип соединителя на ВХОДЕ испытуемого устройства. В поле **DUT Port 2** (Порт 2 испытуемого устройства) укажите тип разъема и тип соединителя на **ВЫХОДЕ** испытуемого устройства. Затем выберите ECal в качестве калибровочного комплекта, который будет использоваться для каждого соединителя. Нажмите **Next** (Далее).

В диалоговом окне **Scalar Mixer Calibration Step 1 of 2** (Скалярная калибровка смесителя — шаг 1 из 2) подключите измеритель мощности к измерительному кабелю порта 1, затем нажмите **Measure** (Измерить). Эти данные будут использоваться для корректировки ошибок рассогласования на входе.

В диалоговом окне **Scalar Mixer Calibration Step 2 of 2** (Скалярная калибровка смесителя — шаг 2 из 2) подключите порт A модуля ECal к кабелю порта 1, а порт B — к кабелю порта 2. Затем нажмите **Measure** (Измерить). В этой части калибровки собираются линейные (без преобразования частоты) параметры погрешности измерительной установки при входных и выходных частотах.

В диалоговом окне **Calibration completed** (Калибровка завершена) можно при желании сохранить калибровку SMC в качестве массива калибровочных коэффициентов

пользователя. Либо нажмите **Finish** (Завершить) для завершения калибровки SMC. Коррекция включается и применяется к графику SMC.

Что произойдет?

В случае развертки внешнего источника выполнение измерений сильно замедляется. Когда коррекция включена, время от времени на экране ничего не будет происходить. Дело в том, что так выполняются фоновые измерения, не отображаемые на экране.

То же самое можно наблюдать, когда к S-параметрам применяется полная двухпортовая коррекция. Все четыре параметра измеряются, к ним применяется коррекция, затем все четыре результата измерений обновляются. В отсутствие внешнего источника это происходит значительно быстрее. Когда коррекция отключена, графики обновляются вслед за сбором измеренных данных. Вы можете это наблюдать, создав следующие измерения.

Создание измерений S12 (повышающий преобразователь), S11 (вход) и S22 (согласование на выходе)

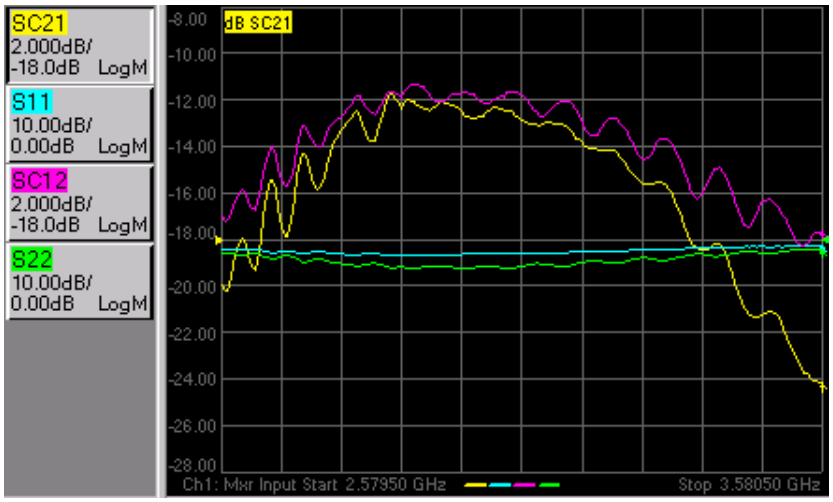
Щелкните правой кнопкой мыши в окне и добавьте новые графики в тот же канал. Добавьте графики измерений **S11**, **SC12** и **S22**.

Во время развертки источника понаблюдайте за индикатором порта источника на передней панели анализатора VNA. Сначала включится индикатор порта 1 и будет гореть в течение двух циклов развертки, затем включится индикатор порта 2 и будет гореть в течение двух циклов развертки. Во время последнего цикла развертки все четыре графика обновятся.

Нажмите **Cal** > ***Main*** > **Correction Off**. Обратите внимание, что соответствующие графики обновляются одновременно с разверткой.

В случае измерения SC12 можно видеть обратимость смесителя.

Прямые и обратные измерения SMC могут находиться в одном и том же канале и автоматически калиброваться в одно и то же время.

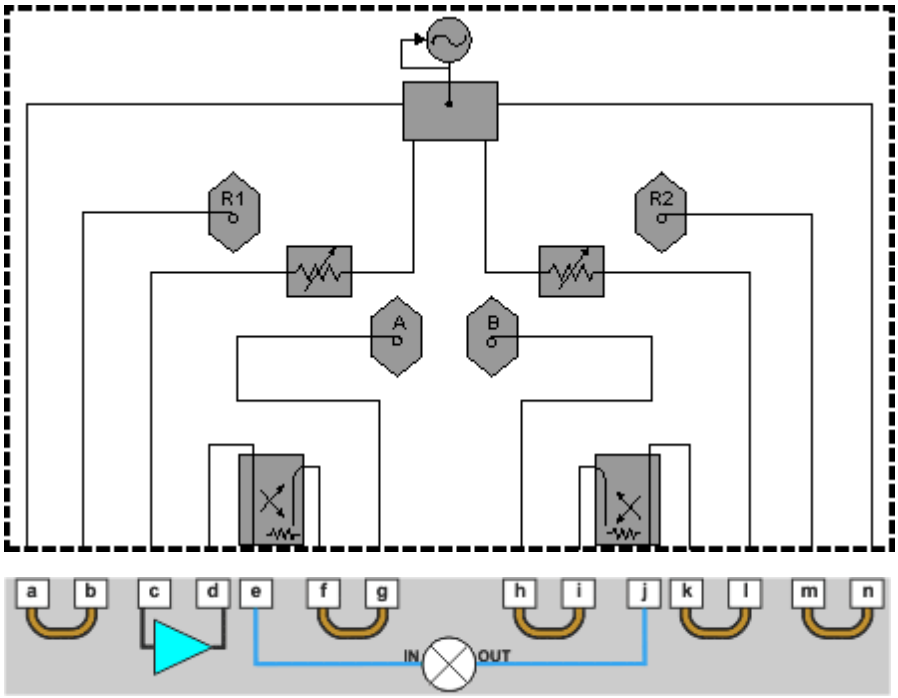


SMC с входным усилителем

Если для измерения смесителя вам требуется больше мощности источника на входе, чем может обеспечить анализатор VNA, вы можете использовать входной усилитель для увеличения мощности. В этой теме описано, как настроить и провести откалиброванное измерение SMC с использованием входного усилителя.

Подключение

Подключите входной усилитель между соединителями выхода источника и прямого ответвителя на передней панели, как показано на следующей схеме. Блок-схема вашего анализатора VNA может отличаться от приведенной ниже.



Поз.	Описание	Поз.	Описание
a	SOURCE OUT (ВЫХОД ИСТОЧНИКА)	h	RCVR B IN (ВХОД ПРИЕМНИКА B)
b	RCVR R1 IN (ВХОД ПРИЕМНИКА R1)	i	CPLR ARM (ПЛЕЧО ОТВЕТВИТЕЛЯ)
c	SOURCE OUT (ВЫХОД ИСТОЧНИКА)	j	PORT 2 (ПОРТ 2)
d	CPLR THRU (ПРЯМОЙ ОТВЕТВИТЕЛЬ)	k	CPLR THRU (ПРЯМОЙ ОТВЕТВИТЕЛЬ)
e	PORT 1 (ПОРТ 1)	l	SOURCE OUT (ВЫХОД ИСТОЧНИКА)
f	CPLR ARM (ПЛЕЧО ОТВЕТВИТЕЛЯ)	m	RCVR R2 IN (ВХОД ПРИЕМНИКА R2)
g	RCVR A IN (ВХОД ПРИЕМНИКА A)	n	SOURCE OUT (ВЫХОД ИСТОЧНИКА)

Настройка измерения и калибровки

В описанной далее процедуре:

мощность измерительного порта — это уровень мощности на выходе источника;

скорректированная мощность — это уровень мощности, который требуется на входе и выходе смесителя.

В данной процедуре предполагается, что мощность испытательного сигнала будет применяться к входу смесителя для выполнения измерений SC11 и SC21 и к выходу смесителя для выполнения измерений SC22 и SC12.

Определите коэффициент усиления входного усилителя. Если коэффициент усиления имеет значительную крутизну в пределах входного и выходного диапазона смесителя, см. раздел Входной усилитель с крутизной характеристики.

Определите скорректированную мощность для входа (порт 1) и выхода (порт 2) смесителя.

Рассчитайте мощность измерительного порта для обоих портов путем вычитания коэффициента усиления входного усилителя из скорректированных уровней мощности на входе и выходе.

Например, следующие значения получаются при использовании входного усилителя на 25 дБ на порте 1, как показано на схеме выше.

	Скорректированная мощность	- Коэффициент усиления	=	Мощность измерительного порта
Порт 1 (вход)	0 дБм	–25 дБ	=	–25 дБм
Порт 2 (выход)	–20 дБм	–25 дБ	=	–45 дБм

В диалоговом окне Power (Мощность) анализатора VNA снимите флажок Port Power Coupled (Связывание мощности портов), что позволит использовать разные уровни мощности на портах.

Введите для каждого порта рассчитанные значения мощности измерительного порта.

В диалоговом окне Select DUT Connectors and Cal Kits (Выбор соединителей испытуемого устройства и калибровочных комплектов) мастера калибровки SMC нажмите View/Modify Source Cal Settings (Посмотреть/изменить настройки калибровки источника), чтобы вызвать диалоговое окно Source Calibration Settings (Настройки калибровки источника).

В поле Power Offset (Сдвиг мощности) введите коэффициент усиления входного усилителя.

Входной усилитель с крутизной характеристики

Калибровка SMC осуществляется по всему диапазону входного и выходного сигнала смесителя. Следовательно, входной усилитель также будет подвергнут действию всего диапазона входных и выходных частот смесителя.

Чтобы компенсировать крутизну характеристики, возможно, понадобится поэкспериментировать с настройкой аттенюатора источника, значением сдвига мощности и первоначальным значением мощности для нахождения такого сочетания, которое не приведет к тому, что источник VNA останется несбалансированным во время или после калибровки.

Например, пусть усиление входного усилителя составляет 30 дБ на нижней границе и 20 дБ на верхней границе. Если ввести значение сдвига мощности 30 дБ, анализатор VNA может выйти за пределы диапазона ALC, когда фактическое усиление упадет до 20 дБ. Анализатор VNA попытается увеличить мощность источника с учетом падения усиления

на 10 дБ. Поэтому выбирайте значение сдвига мощности так, чтобы оно находилось посередине полосы усиления входного усилителя (25 дБ).

Если это возможно, выберите такую настройку аттенюатора VNA, при которой ALC будет находиться приблизительно посередине его диапазона при желаемой скорректированной мощности с усилением в середине полосы. При этом условии ALC будет устанавливать мощность выше и ниже с учетом крутизны характеристики, без дисбаланса.

Если крутизна слишком велика, то, возможно, таких настроек, которые предотвращали бы несбалансированность источника, не существует. В этом случае необходимо использовать входной усилитель с более пологой характеристикой.

Измерения VMC

Настройка и калибровка для измерений VMC практически идентичны настройке и калибровке для измерений SMC. Сведения о функциональных возможностях, общих для этих двух приложений, приведены в разделе «Обзор приложения FCA».

Следующая информация касается только измерений VMC:

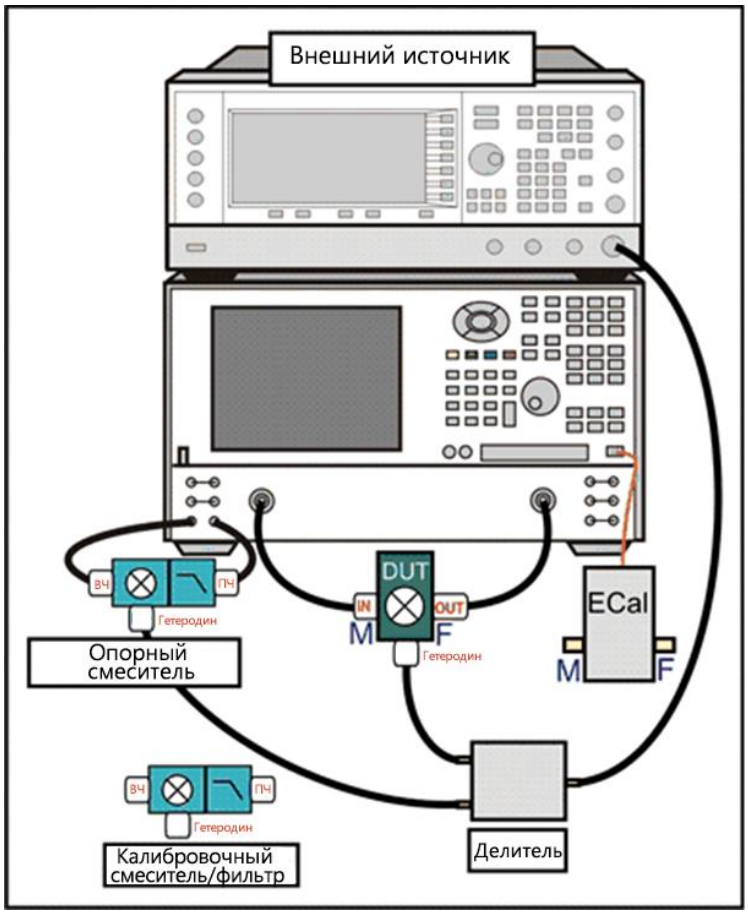
- Схема оборудования для измерений VMC
- Создание измерения VMC
- Предлагаемые параметры измерений VMC
- Диалоговое окно VMC Mixer Setup (Настройка измерений смесителя VMC)
- Калибровки VMC

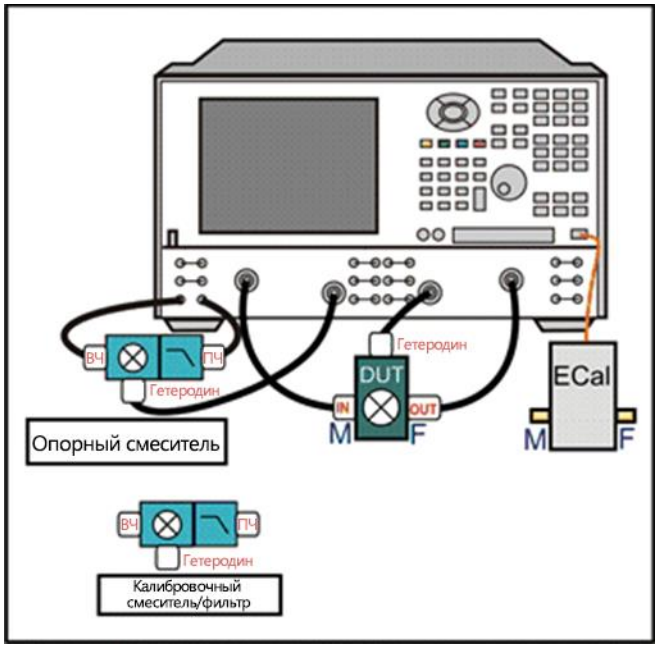
См. также

Встроенный гетеродин

Порядок выполнения измерения VMC с фиксированным выходным сигналом

Схема оборудования для измерений VMC





Вход испытуемого устройства (ВЧ) должен быть подключен к порту 1 анализатора VNA.

Выход испытуемого устройства (ПЧ) может быть подключен к любому другому порту анализатора VNA.

Примечания.

При использовании анализатора VNA-X с внутренним вторым источником внешний источник НЕ требуется.

См. примечание относительно выходной мощности гетеродина и обоих портов второго источника.

Измерение испытуемого устройства со встроенным гетеродином.

Опорный смеситель

Опорный смеситель предоставляет опорную фазу для измерений. Опорный смеситель подключается в тракт опорного приемника анализатора цепей, между портом выхода источника и портом входа приемника R1, как показано ниже.

Как и измерительные кабели, опорный смеситель считается частью измерительной системы. Он остается на месте в ходе всего процесса калибровки и измерения. Анализатор VNA включает опорный смеситель в измерительный тракт и выключает из него по мере необходимости. Узнайте, как переключать опорный смеситель вручную.

Опорный смеситель необязательно должен быть обратимым и соответствовать по характеристикам калибровочному смесителю или испытуемому смесителю. Единственное требование к опорному смесителю — он должен охватывать тот же диапазон частот, что и испытуемый смеситель. В целом целесообразно выбрать такой опорный смеситель, который может быть использован в различных измерительных установках. Например, можно использовать широкополосный смеситель вместо нескольких узкополосных.

На выходе опорного смесителя может устанавливаться низкочастотный фильтр для подавления утечки сигнала гетеродина с выходным сигналом опорного смесителя. Это нестрогое требование, но низкочастотный фильтр гарантирует, что в VNA не появятся ошибки размыкания или несбалансированности источника из-за утечки сигнала гетеродина.

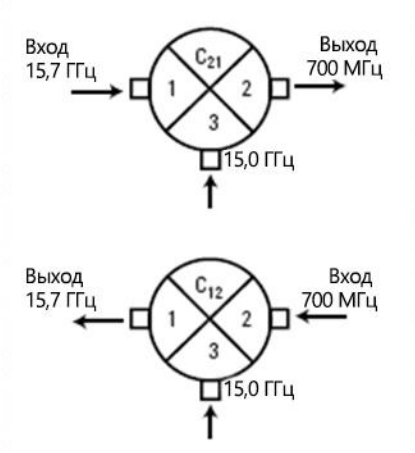
Подключите ВХОД опорного смесителя к **выходу источника 1** анализатора VNA.

Подключите ВЫХОД опорного смесителя к **входу приемника R1** анализатора VNA.

Калибровочный смеситель/фильтр

Определение характеристик калибровочного смесителя/фильтра производится до или во время калибровки VMC. При калибровке VMC он используется в качестве меры коэффициента передачи. Комбинированное устройство калибровочного смесителя и фильтра должно удовлетворять следующим требованиям.

Смеситель должен быть обратимым в пределах диапазона частот испытуемого смесителя. Это значит, что у него должны быть одни и те же АЧХ и ФЧХ в направлениях повышающего и понижающего преобразований (C21 = C12), как показано на следующей схеме.



Если диапазоны входного и выходного сигналов пересекаются, смеситель должен иметь развязку между входом и выходом, более чем на 10 дБ превышающую потери преобразования в пересекающемся диапазоне.

Фильтр должен подавлять нежелательный результат смешения и пропускать требуемый результат смешения на выходе калибровочного смесителя. Выполнить это требование будет проще, если охарактеризовать смеситель/фильтр как понижающий преобразователь. Подробнее.

Примечание. При выполнении скорректированного измерения гетеродина с разверткой VC21 фазовые данные отображаются относительно фазы калибровочного смесителя, который использовался во время калибровки VMC. Кроме того, формат отображения группового времени запаздывания будет НЕДОПУСТИМ.

См. пример измерения фиксированного выходного сигнала VMC

Важное примечание: ориентация опорного смесителя и калибровочного смесителя/фильтра

Опорный смеситель ВСЕГДА подключается в той же ориентации, что и испытуемое устройство, поскольку выходная частота опорного смесителя должна совпадать с выходной частотой испытуемого устройства. То же самое касается калибровочного смесителя/фильтра, если определение его характеристик производится в рамках полной калибровки VMC.

Если определение характеристик калибровочного смесителя/фильтра производится отдельно, то он может быть охарактеризован как повышающий или понижающий преобразователь. Подробнее.

Источник сигнала гетеродина

Примечание. При использовании анализатора VNA-X с внутренним вторым источником внешний источник НЕ требуется.

См. примечание относительно выходной мощности гетеродина и обоих портов второго источника.

Узнайте о том, какие порты VNA могут использоваться для гетеродина.

Подключите **внешние источники** к порту контроллера с шиной GPIB анализатора VNA.

Создание измерения VMC

Нажмите **Setup** > ***Main*** > **Meas Class...** Выберите **VMC** и затем нажмите:

либо **OK,** чтобы удалить существующее измерение;

либо **New Channel**, чтобы создать измерение в новом канале.

Будет отображено измерение VC21.

Чтобы выбрать дополнительные отображаемые параметры, нажмите **Trace** > ***Trace 1-8*** или ***Trace 9-16*** > **Trace N** для добавления дополнительных графиков.

Щелкните по графику правой кнопкой мыши, выберите **Measure TrN...**, затем выберите параметр из списка и нажмите **OK**.

Предлагаемые параметры измерений VMC

Важное замечание. Подключение испытуемого устройства к VNA.

Термины ВЧ и ПЧ НЕ применяются при измерениях FCA, так как анализатору VNA не известно, как обозначено испытуемое устройство или как оно будет использоваться. Вместо этого применяются общие термины ВХОД и ВЫХОД.

ВХОД — порт испытуемого устройства, на который подается испытательный сигнал определенной частоты перед преобразованием.

ВЫХОД — порт испытуемого устройства, с которого выдается сигнал преобразованной частоты.

Частоты на ВХОДЕ и ВЫХОДЕ задаются с помощью диалогового окна Mixer Setup (Настройка смесителя).

Вход испытуемого устройства во всех случаях должен быть подключен к порту 1 анализатора VNA. Однако выход испытуемого устройства может быть подключен к любому другому порту VNA.

VC21, VC31 или VC41 Conversion Loss/Gain (Потери/усиление при преобразовании) (по умолчанию) — **испытательный сигнал на входе, ответный сигнал на выходе.**

S11 — испытательный сигнал и ответный сигнал **на входе.**

S22, S33 или S44 — испытательный сигнал и ответный сигнал на выходе.

R1 (или R) — испытательный сигнал на входе, измеряется абсолютная мощность на приемнике R1 (без коррекции).

B, C или D — **испытательный сигнал на входе, измеряется абсолютная мощность на выходном приемнике (без коррекции).** Обратные вносимые потери преобразования НЕ предлагаются из-за наличия опорного смесителя.

См. также

Измерение испытуемого устройства со встроенным гетеродином.

Настройка измерений смесителя VMC

Порядок запуска диалогового окна VMC Mixer Setup (Настройка измерений смесителя VMC).

С помощью аппаратной клавиши / *программной вкладки* / программной кнопки	С помощью мыши
Нажмите **Freq** > ***Main*** > **VMC Setup...** > вкладка **Mixer Setup**.	Щелкните по **Stimulus** Выберите **Sweep** Выберите **VMC Setup...** Выберите **Mixer Setup**
Команды программирования	

Диалоговое окно VMC Mixer Setup имеет следующие вкладки:

Вкладка Sweep (используется совместно с SMC)

Вкладка Power (используется совместно с SMC)

Вкладка Mixer Freq (используется всеми приложениями преобразователя)

Вкладка Mixer Power (используется всеми приложениями преобразователя)

Вкладка Mixer Setup (используется всеми приложениями преобразователя)

Краткий обзор калибровки VMC

Мастер калибровки VMC дает подсказки, помогающие выполнить данный процесс. На первых трех этапах определяются характеристики калибровочного смесителя, который используется в качестве меры коэффициента передачи во время калибровки.

Выполните 2-портовую калибровку SOLT по диапазону частот на ВХОДЕ испытуемого устройства, а затем еще одну 2-портовую калибровку SOLT по диапазону частот на ВЫХОДЕ. Используйте механический калибровочный комплект или модуль ECal.

Охарактеризуйте согласование входа и выхода комбинированного устройства калибровочного смесителя/фильтра с подключенным внешним гетеродином и выходом, к которому подключены меры холостого хода, короткого замыкания и нагрузки.
Подробнее о том, как подключить калибровочный смеситель/фильтр. После определения характеристик сохраняется файл S2P, который может быть вызван при последующих калибровках VMC с теми же настройками испытательного сигнала.
Примечание. Используйте файл *.S2PX для СЕГМЕНТИРОВАННЫХ измерений VMC. Подробнее.

Подключите опорный смеситель между соединителями выхода источника и приемника R1 на передней панели. Подключите порт выхода комбинированного устройства калибровочного смесителя/фильтра к порту 2 анализатора VNA (или к концу кабеля, подсоединенного к порту).

Выполните измерения комбинированного устройства калибровочного смесителя/фильтра как калибровочной меры коэффициента передачи.

Анализатор VNA вычисляет параметры погрешности, необходимые для выполнения скорректированных измерений фазы испытуемого смесителя/фильтра.

Мастер калибровки VMC

Следующие диалоговые окна отображаются во время калибровки VMC и определения характеристик смесителя VMC.

Calibration Setup (Настройка калибровки)

Waveguide/In-fixture/On-Wafer Setup (Настройка измерений с волноводами/оснасткой/на пластине) Calibration Mixer Characterization (Определение характеристик калибровочного смесителя)

Measurement Direction (Направление измерения) Select DUT Connectors and Cal Kits (Выбор соединителей испытуемого устройства и калибровочных комплектов)

Modify Frequency Cal (Изменить калибровку частоты)

Specify how the ECal module is connected (Указать способ подключения модуля ECal)

Modify Mixer Cal (Изменить калибровку смесителя)

Select the ECal Port to be connected to the Output of the Calibration Mixer (Выбрать порт ECal для подключения к выходу калибровочного смесителя)

Vector Mixer Cal Steps (Этапы векторной калибровки смесителя) Measure Calibration Standards (Измерение калибровочных мер)

Save Mixer Characterization (Сохранить характеристики смесителя) Calibration Completed (Калибровка завершена)

Specify Adapter Delay (Указать задержку на переходе)

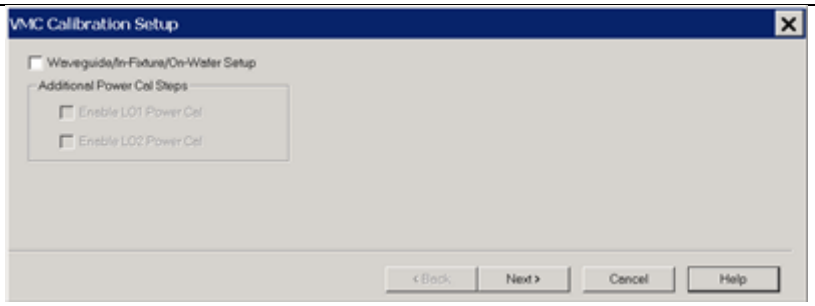
Порядок выполнения калибровки VMC

Создайте измерение FCA и затем...

С помощью аппаратной клавиши / *программной вкладки* / программной кнопки	С помощью мыши
Нажмите **Cal** > ***Main*** > **Smart Cal...**	Щелкните по **Response**. Выберите **Cal.** Выберите **Smart Cal...**
Чтобы ТОЛЬКО определить характеристики смесителя	
Нажмите **Cal** > ***Main*** > **Other Cals** > **Mixer Char Wizard...**	Щелкните по **Response.** Выберите Cal. Выберите Other Cals. Выберите **Mixer Char Wizard...**

Команды программирования

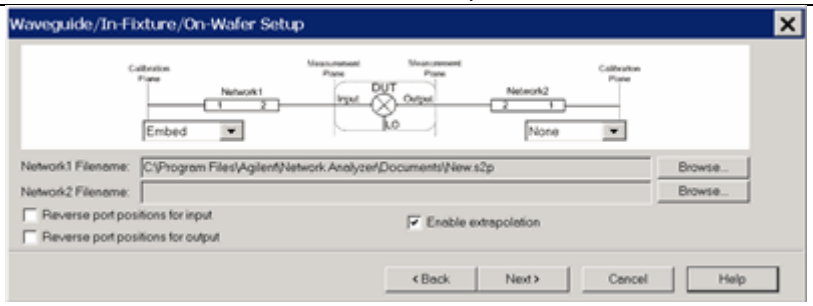
Справка диалогового окна **Calibration Setup (Настройка калибровки)**



Waveguide/In-fixture/On-Wafer Setup (Настройка измерений с волноводами/оснасткой/ на пластине): используйте этот флажок, чтобы включить или устранить влияние схем на входе и выходе испытуемого смесителя. Запускает следующее диалоговое окно.

Additional Power Cal Steps (Дополнительные этапы калибровки мощности) Enable LO1/LO2 Power Cal (Разрешить калибровку мощности LO1/LO2): поставьте флажок, если осуществляется контроль над портами LO1/LO2 (во вкладке Mixer Setup) для выполнения калибровки мощности источника (источников) сигнала гетеродина.

Справка диалогового окна **Waveguide/In-fixture/On-Wafer Setup (Настройка измерений с волноводами/оснасткой/на пластине)**



Это диалоговое окно появляется ТОЛЬКО в том случае, если был установлен флажок **Waveguide/In-fixture/On-Wafer Setup** в предыдущем диалоговом окне Cal Setup.

С помощью данного окна можно включать и устранять влияние схем на входе и выходе тестируемого смесителя.

Для Network1 (Схема 1) (вход) и Network2 (Схема 2) (выход) выберите **Embed** (Включить влияние), **De-embed** (Устранить влияние) или **None** (Нет).

Browse (Обзор): нажмите, чтобы указать путь к файлу .S2P, моделирующему схему, влияние которой требуется включить или устранить.

Reverse port positions for input/output (Обратное положение портов входа/выхода): поставьте флажок, чтобы настроить оснастку/переход на конфигурацию, в которой порт 2 соединен с VNA, а порт 1 соединен с испытуемым устройством. Рисунок в диалоговом окне будет обновлен в соответствии с этим изменением.

Enable Extrapolation (Разрешить экстраполяцию): поставьте флажок (настройка по умолчанию), чтобы применять простую экстраполяцию, если диапазон частот в файле S2P уже диапазона частот канала. Значения для первой и последней точек данных раздвигаются в обоих направлениях, чтобы охватить диапазон частот измерений. Также, если требуется экстраполяция, на экране появится предупреждающее сообщение.

Включение или устранение влияния

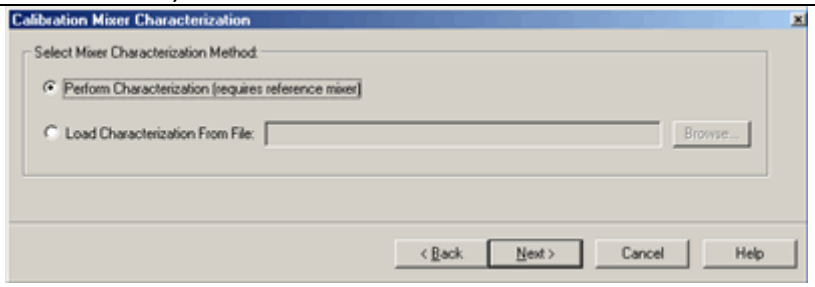
В случаях когда имеется двухпортовая схема, которую в процессе измерений необходимо подключить между опорной плоскостью калибровки и испытуемым устройством, однако данная схема ОТСУТСТВОВАЛА во время калибровки, то влияние такой схемы на соответствующий порт во время калибровки должно быть **устранено**. Другими словами, устранение влияния схемы при калибровке FCA позволяет расширить опорную плоскость калибровки, чтобы она охватывала эту двухпортовую схему.

В случаях когда имеется двухпортовая схема, которая входит в опорную плоскость калибровки, но которую в процессе измерений требуется отсоединить, то влияние такой двухпортовой схемы на соответствующий порт во время калибровки должно быть **включено**. Другими словами, включение влияния схемы при калибровке FCA позволяет сузить опорную плоскость калибровки, чтобы во время измерений из нее была исключена эта двухпортовая схема.

Примечания.

Интерполяция применяется в случаях, когда файл содержит больше частот по сравнению с каналом и когда точки данных не совпадают в точности с точками, заданными для измерений.

Справка диалогового окна **Calibration Mixer Characterization (Определение характеристик калибровочного смесителя)**



Что включает определение характеристик калибровочного смесителя?

См. краткое разъяснение в разделе «Калибровочный смеситель».

Select Mixer Characterization Method (Выберите способ определения характеристик смесителя)

Perform Characterization (requires a reference mixer) (Выполнить определение характеристик (требуется опорный смеситель)): в дополнение к калибровке VMC выполняется определение характеристик смесителя. По окончании сохраняется файл с характеристиками смесителя, который может использоваться при последующих калибровках VMC. Выберите этот вариант, если у вас еще НЕТ файла с характеристиками смесителя, который может быть загружен.

Load characterization from file (Загрузить характеристики из файла): загружается файл S2P с характеристиками калибровочного смесителя. Нажмите **Browse** (Обзор), чтобы указать расположение этого файла.

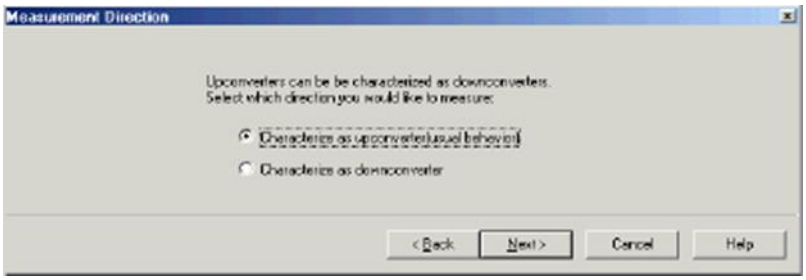
Примечание. Для СЕГМЕНТИРОВАННЫХ измерений VMC загрузите файл ***.S2PX.** Подробнее.

Диапазон частот файла S2P ОБЯЗАТЕЛЬНО ДОЛЖЕН совпадать с диапазоном частот измерения FCA или превышать его. Если диапазон частот файла S2P больше или точки данных не совсем совпадают с точками данных измерения, выполняется интерполяция.

При калибровке VMC калибровочный смеситель должен быть подключен в той же ориентации, в какой он был подключен при определении характеристик. Вызываемый файл не содержит данных о направлении, в котором определялись характеристики. Вам необходимо самим запомнить это и правильно выполнить подключение.

Если диапазон частот файла S2P меньше диапазона частот измерения, отображается сообщение **Invalid Mixer Characterization File** («Недопустимый файл характеристик смесителя»).

Примечание. Калибровка с определением характеристик смесителя может выполняться отдельно. Узнайте, как это сделать.



Справка диалогового окна **Measurement Direction (Направление измерения)**

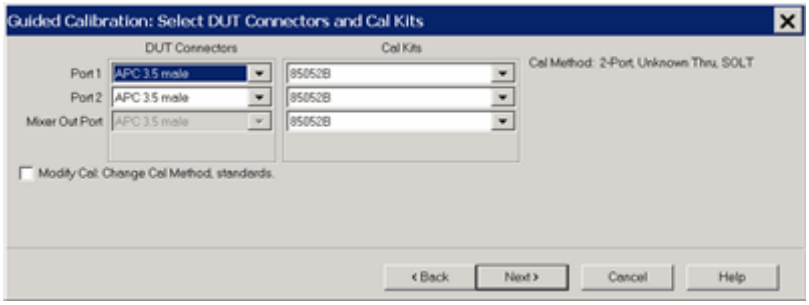
Это диалоговое окно появляется ТОЛЬКО в том случае, если настройки в диалоговом окне Mixer Setup (Настройка смесителя) указывают, что испытуемое устройство испытывается как повышающий преобразователь (частота на входе меньше частоты на выходе). Оно позволяет охарактеризовать калибровочный смеситель/фильтр как понижающий (частота на входе больше частоты на выходе) или повышающий преобразователь.

Следующий пример иллюстрирует ситуацию, когда калибровочный смеситель требуется охарактеризовать как понижающий преобразователь. Пусть испытуемое устройство используется как повышающий преобразователь. Входная частота составляет 70 МГц, частота гетеродина — 20 ГГц, а выбранная (+) выходная частота — 20,07 ГГц. Если выбрать **(–)** в диалоговом окне настройки смесителя, выходная частота составит 19,93 ГГц.

Characterize as upconverter (Охарактеризовать как повышающий преобразователь): необходим очень точный отсекающий фильтр, чтобы подавлять нежелательный выходной сигнал частотой 19,93 ГГц и пропускать требуемый сигнал частотой 20,07 ГГц.

Characterize as downconverter (Охарактеризовать как понижающий преобразователь): входная частота — 20,07 ГГц, частота гетеродина — 20 ГГц. Сумма (+) выходного сигнала составляет 40,07 ГГц, а разность (–) — 70 МГц. Эти частоты очень легко поддаются разделению с помощью низкочастотного фильтра. В процессе понижающего преобразования всегда используются исходные частоты, поэтому убедитесь, что выбранный фильтр пропускает частоту 70 МГц и подавляет частоту 40,07 ГГц.

См. схемы подключения.



Справка диалогового окна **Select DUT Connectors and Cal Kits (Выбор соединителей испытуемого устройства и калибровочных комплектов)**

С помощью данного окна могут быть заданы типы соединителей и калибровочные комплекты для каждого порта испытуемого устройства.

Port n (Порт n): **для каждого порта VNA укажите тип разъема и тип соединителей испытуемого устройства, а также используемый калибровочный комплект.**

Mixer Out Port (Порт выхода смесителя): **выходной порт фильтра зеркальных составляющих, подключенного к калибровочному смесителю. Укажите калибровочный комплект/меры, которые будут использоваться для измерения комбинированного устройства калибровочного смесителя/фильтра.**

Примечание. При выборе калибровочного комплекта для порта выхода смесителя убедитесь, что в наборе есть меры с соединителями, подходящими для порта выхода смесителя. Если вы выберете ECal, то в модуле ECal должен быть хотя бы один порт, подходящий для порта выхода смесителя.

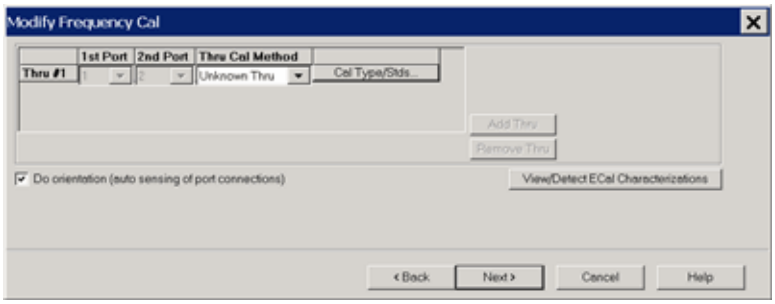
Примечание. Если испытуемое устройство имеет следующие соединители:

Волновод: перед выполнением калибровки измените значение импеданса системы на 1 Ом.

Не указаны в списке (вилка и розетка): укажите **Type A** в качестве типа соединителя. Для соединителей Type A требуется файл калибровочного комплекта с электрическими характеристиками мер, используемых для калибровки.

Не указано (например, для корпусированного устройства): укажите **Type B** в качестве типа соединителя. Для соединителей Type B требуется файл калибровочного комплекта с электрическими характеристиками мер, используемых для калибровки.

Modify Cal (Изменить калибровку): установите этот флажок для запуска диалогового окна Modify Cal (Изменить калибровку). В случае если одновременно с калибровкой VMC выполняется калибровка смесителя с определением характеристик, будут показаны два диалоговых окна Modify Cal одно за другим.



Справка диалогового окна **Modify Frequency Cal (Изменить калибровку частоты)**

Для калибровок VMC — НЕ для определения характеристик смесителя.

Thru Cal Method (Метод калибровки с мерой коэффициента передачи): выберите метод калибровки с мерой коэффициента передачи для каждого соединения с перемычкой.

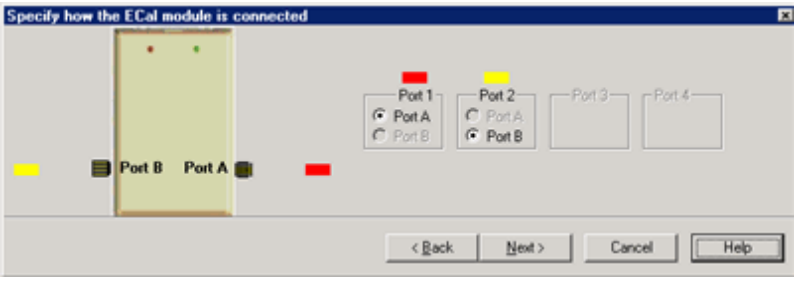
Cal Type/Stds (Тип калибровки/меры): нажмите, чтобы открыть диалоговое окно Modify Calibration Selections.

Следующие опции доступны для выбора ТОЛЬКО при использовании модуля ECal.

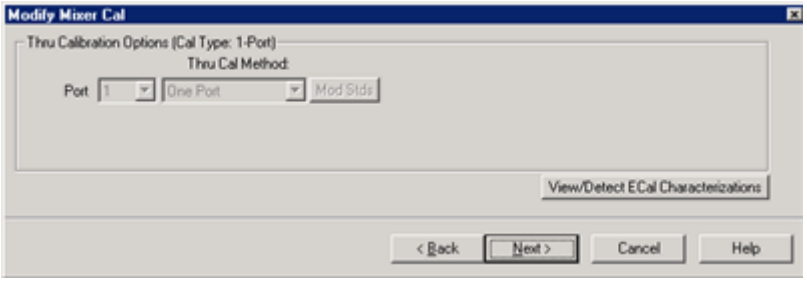
Do orientation (Выполнить ориентацию): если в данном поле поставлен флажок (настройка по умолчанию), анализатор VNA автоматически распознает модель модуля ECal и направление, в котором порт модуля ECal подключен к портам VNA. При слишком низком уровне мощности, подводимой к модулю ECal, анализатор будет считать, что модуль ECal не подключен. Если вы используете низкий уровень мощности и испытываете данную проблему, снимите флажок с данного поля, чтобы задать ориентацию вручную.

Проверка ориентации производится сначала в середине диапазона частот, для которого выполняется калибровка. Если сигнал не будет обнаружен, анализатор повторит попытку при наименьшей частоте в этом диапазоне.

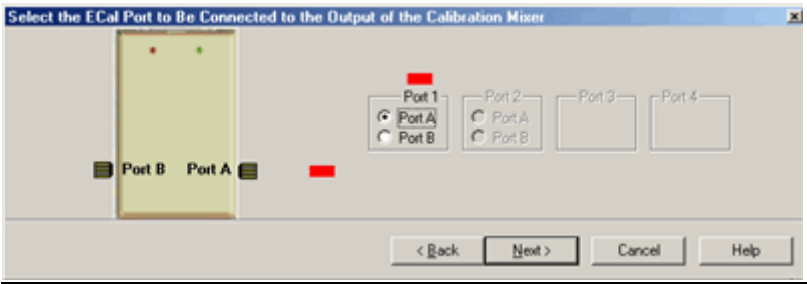
View/Detect ECal Characterizations (Просмотр/обнаружение характеристик модуля ECal): появляется только в том случае, если для использования был выбран модуль ECal. Нажмите, чтобы вызвать диалоговое окно View ECal Modules and Characterizations (Просмотр модулей ECal и их характеристик). В результате будет показан список модулей ECal, подключенных к анализатору VNA.



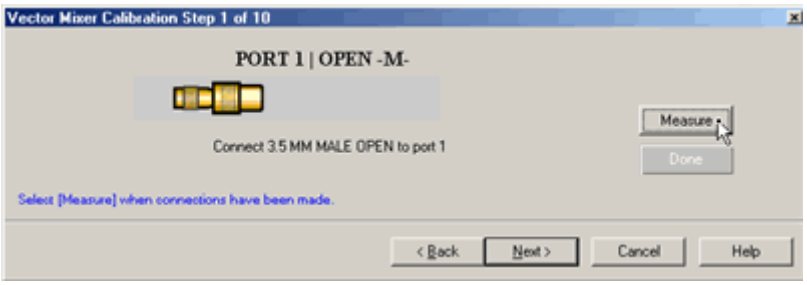
Справка диалогового окна **Specify how the ECal module is connected (Указать способ подключени модуля ECal)**
Данное диалоговое окно появляется, если в поле **Do orientation** в предыдущем диалоговом окне **Modify Frequency** не поставлен флажок. Щелкните по каждому порту модуля ECal, соединенному с портами анализатора VNA.



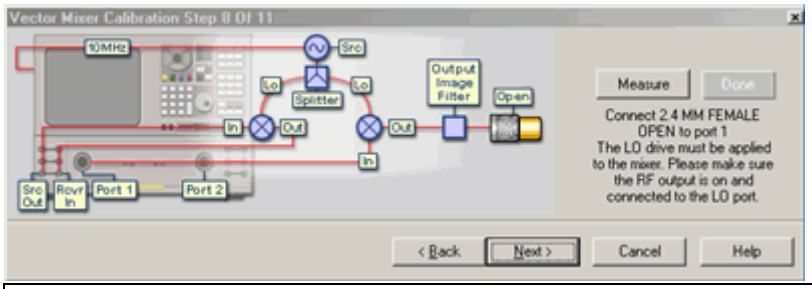
Справка диалогового окна **Modify Mixer Cal (Изменить калибровку смесителя)**
ТОЛЬКО для определения характеристик смесителя. Мера коэффициента передачи не измеряется. Следовательно, параметры Thru Cal Method (Метод калибровки с мерой коэффициента передачи) недоступны для выбора. **View/Detect ECal Characterizations** (Просмотр/обнаружение характеристик модуля ECal): эта кнопка доступна ТОЛЬКО при использовании модуля ECal. Она позволяет вызвать диалоговое окно View ECal Modules and Characterizations (Просмотр модулей ECal и их характеристик).



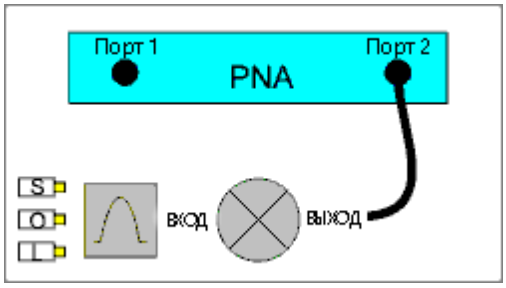
Справка диалогового окна **Select the ECal Port to be connected to the Output of the Calibration Mixer (Выбрать порт ECal для подключения к выходу калибровочного смесителя)**
Выберите порт ECal, который нужно подключить к выходу фильтра зеркальных составляющих комбинированного устройства калибровочного смесителя/фильтра.



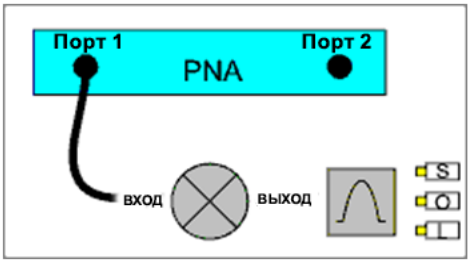
Справка диалогового окна **Measure Calibration Standards (Измерение калибровочных мер)**
Подсказки для мер, на которых должны выполняться измерения. Подключите меру и нажмите **Measure** (Измерить). **Measure** (Измерить): нажмите, чтобы измерить механическую меру и перейти к следующему этапу калибровки. **[ReMeasure]** (Измерить повторно): заменяет кнопку Measure после того, как мера была измерена. Позволяет повторно измерить меру. **Done** (Готово): нажмите, чтобы перейти к диалоговому окну Calibration Complete (Калибровка завершена). Доступна лишь после того, как будут выполнены все измерения для данной калибровки. **Back** (Назад): нажмите, чтобы вернуться в предыдущее диалоговое окно. **Next** (Далее): измерение НЕ выполняется. Позволяет перейти к следующему необходимому этапу. **Cancel** (Отмена): нажмите для выхода из мастера калибровки.



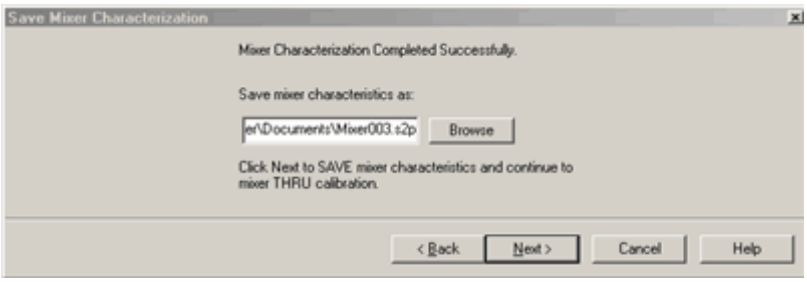
Справка диалогового окна **Vector Mixer Cal Steps (Этапы векторной калибровки смесителя)**
Подключите меры холостого хода, короткого замыкания и нагрузки к выходу фильтра зеркальных составляющих, затем нажмите **Measure.** В этой части калибровки происходит определение характеристик калибровочного смесителя. Подключение будет различным в зависимости от того, является ли калибровочный смеситель повышающим преобразователем, который характеризуется как понижающий преобразователь. **Примечание.** Далее приведены **упрощенные** схемы подключения — сигналы опорного смесителя и гетеродина также должны быть подключены. На этих изображениях предполагается, что выход испытуемого устройства подключен к порту 2 анализатора VNA. В качестве **понижающего преобразователя.** (VNA автоматически переключается для выполнения измерения S22 на устройстве.)



В качестве **повышающего преобразователя**



Done (Готово): нажмите, чтобы перейти к диалоговому окну Calibration Complete (Калибровка завершена). Доступна лишь после того, как будут выполнены все измерения для данной калибровки.



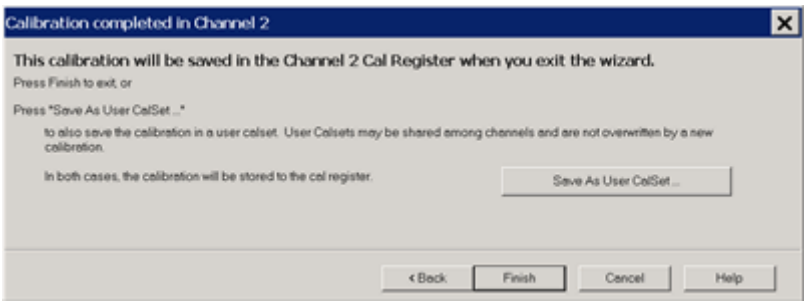
Справка диалогового окна **Save Mixer Characterization (Сохранить характеристики смесителя)**

Позволяет сохранить данные охарактеризованного калибровочного смесителя. Позже при выполнении другой калибровки VMC с использованием того же калибровочного смесителя этот файл S2P может быть вызван.

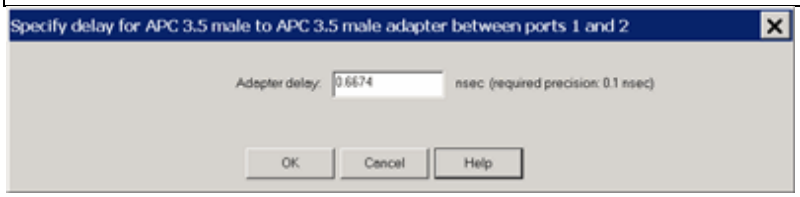
Browse (Обзор): нажмите, чтобы перейти к папке, в которой вы хотите сохранить данные охарактеризованного калибровочного смесителя. Вы можете использовать имя файла по умолчанию или ввести свое.

Next (Далее): нажмите, чтобы сохранить файл с характеристиками смесителя и перейти к следующему этапу полной процедуры калибровки системы.

Finish (Завершить): отображается вместо кнопки **Next,** если вы только определяете характеристики калибровочного смесителя, не выполняя полную калибровку системы. Нажмите эту кнопку для сохранения файла характеристик смесителя и выхода из процедуры характеризации смесителя.



Справка диалогового окна **Calibration Completed (Калибровка завершена)**
Finish (Завершить): сохранить данные в реестре калибровки канала. **Save As User Cal Set (Сохранить как массив калибровочных коэффициентов пользователя):** открывает диалоговое окно Save as User Cal Set (Сохранить как массив калибровочных коэффициентов пользователя) И сохраняет данные в реестре калибровки канала. **Cancel (Отмена):** результаты калибровки НЕ применяются и НЕ сохраняются.



Справка диалогового окна **Specify delay (Настройка задержки)**
Данное диалоговое окно появляется ТОЛЬКО при выполнении калибровки с удалением эффектов перехода или с неизвестной мерой коэффициента передачи. Следующие значения были определены по результатам измерений. В большинстве случаев они будут адекватными. Однако в режиме развертки с непрерывной волной или частотной развертки с большим размером шага точность данных значений можно улучшить. **Adapter delay (Задержка на переходе):** чтобы улучшить это значение, измерьте и запишите задержку на переходе при малом размере шага. Введите здесь полученное значение. Требуемое значение точности будет представлять собой ту точность, которая требуется для характеризации задержки. **Nominal phase offset (Номинальное смещение фазы)** (ТОЛЬКО для волноводов). Чтобы улучшить это значение, измерьте и запишите смещение фазы на переходе волновода при малом размере шага. Введите здесь полученное значение. В случаях, когда один соединитель имеет коаксиальную конструкцию, а другой представляет собой волновод, смещение фазы может иметь неопределенность в пределах 180°. Для сохранения единства приведенная здесь оценка всегда находится в диапазоне от 0° до 180°. Вы можете в любой момент изменить эту оценку на любое значение в интервале от –180° до +180°. **При калибровке FCA** это диалоговое окно появляется дважды: один раз для частот на входе и второй раз для частот на выходе. Эти значения могут слегка отличаться.

Порядок выполнения измерения VMC с фиксированным выходным сигналом

Приведенный ниже пошаговый пример иллюстрирует порядок измерения смесителя в режиме гетеродина с разверткой с использованием векторной калибровки смесителей FCA.

По сравнению с VMC для SMC требуется меньше компонентов и меньше этапов измерения. Теперь с помощью SMC могут выполняться относительные измерения фазы. Кроме того, ТОЛЬКО SMC (но не VMC) позволяет измерять потери при обратном преобразовании.

Данная процедура также может использоваться для измерений с **фиксированным** гетеродином, которые выполняются аналогичным образом. Хотя источник сигнала гетеродина все-таки нужен, физические кабели запуска, соединяющие анализатор VNA и внешний источник, не требуются.

Необходимое оборудование

Анализатор модели VNA-X или VNA C

с опцией S93083A (FCA)

Внешний источник с шиной GPIB (лучше всего подходит Keysight ESG или PSG). Данный источник НЕ требуется, когда используется VNA-X с внутренним вторым источником.

Опорный смеситель (см. требования). Калибровочный смеситель/фильтр (см. требования). Делитель мощности. Не требуется, когда используется VNA-X с внутренним вторым источником.

Модуль ECal с соединителями, подходящими к соединителям на входе и выходе испытуемого устройства. Для сопряжения модуля ECal с соединителями испытуемого устройства могут использоваться переходы, но для этого сначала необходимо выполнить определение пользовательских характеристик ECal с подсоединенными переходами. ECal значительно упрощает калибровку FCA.

Кабели и переходы.

Опционально — измеритель и датчик мощности с шиной GPIB (для калибровки мощности гетеродина).

Пример для смесителя

Используемое в примере устройство — это смеситель со следующими характеристиками:

диапазон частот гетеродина и входного сигнала: от 2 до 4,2 ГГц;

диапазон частот выходного сигнала: от 0 до 1,3 ГГц.

Будут измеряться:

прямые вносимые потери преобразования (VC21);

согласование по входу (S11);

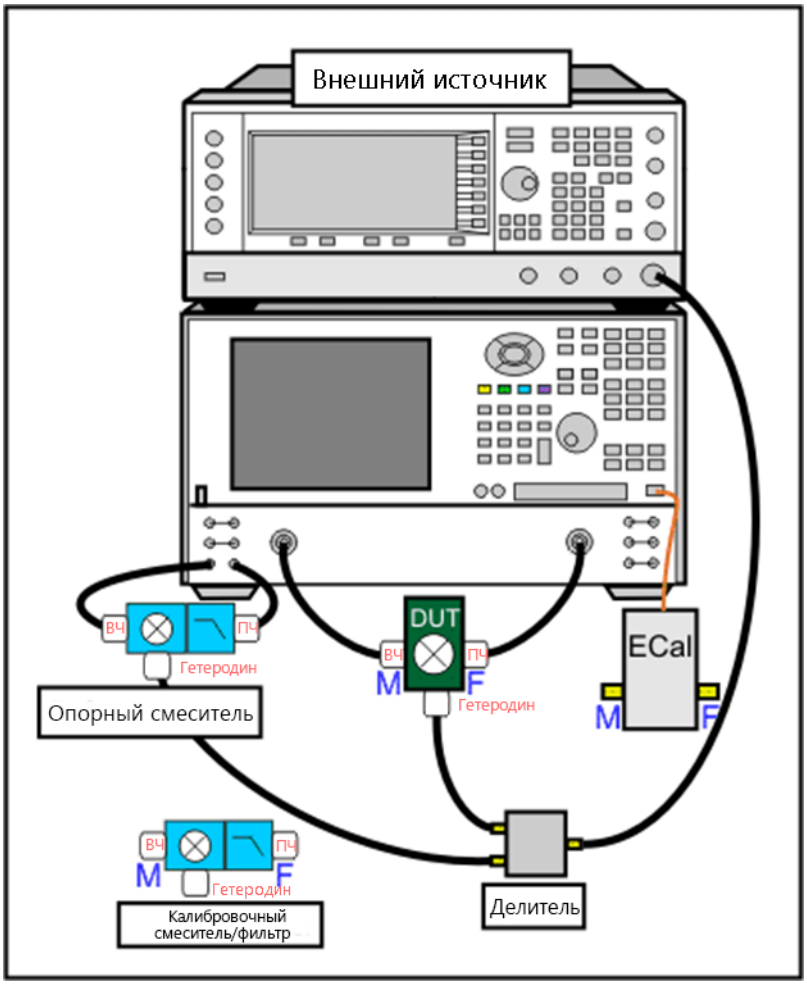
согласование по выходу (S22);

обратные вносимые потери преобразования НЕВОЗМОЖНО из-за наличия опорного смесителя.

Схема оборудования для измерений VMC

Подключите устройства, как показано на схеме ниже.

Примечание. Эту схему можно также использовать для измерений SMC, что позволяет проводить измерения VMC и SMC одновременно на отдельных каналах. Опорный смеситель автоматически переключается во время измерений SMC. Калибровочный смеситель/фильтр не используется.



Примечания.

При использовании анализатора VNA-X с внутренним вторым источником внешний источник НЕ требуется.

См. примечание относительно выходной мощности гетеродина и обоих портов второго источника.

Узнайте о том, какие порты VNA могут использоваться для гетеродина.

Низкочастотный фильтр на выходе опорного смесителя рекомендуется, но НЕ требуется. Подробнее.

При использовании 4-портовых моделей вход смесителя должен быть подключен к порту 1 анализатора VNA. Выход смесителя может быть подключен к любому другому порту VNA.

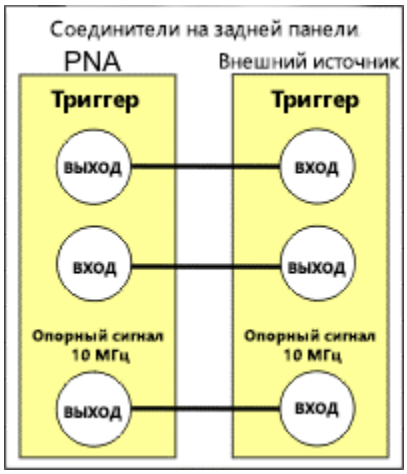
Подключения на задних панелях приборов

Подключите источник к порту контроллера с шиной GPIB анализатора VNA с помощью кабеля GPIB.

С помощью двух кабелей BNC соедините разъемы Trigger источника и анализатора VNA, как показано на следующем рисунке. Это не требуется при выполнении измерений с фиксированным гетеродином или при использовании анализатора VNA-X с внутренним вторым источником.

С помощью кабеля BNC соедините **выход опорного сигнала 10 МГц** анализатора VNA с Source (Источник):

входом опорного сигнала 10 МГц внешнего источника.



Создание измерения

Подключите испытуемое устройство.

Нажмите Preset (Предварительные настройки), чтобы обеспечить начало измерений с известного состояния. Нажмите **Meas** > ***Main*** > **Meas Class...**

Выберите **Vector Mixer/Converter,** затем нажмите **OK.** В диалоговом окне **Confirm...** нажмите **OK.** Будет создан график S11.

Нажмите **Meas** > ***Main*** > **VC21**, чтобы сменить график S11.

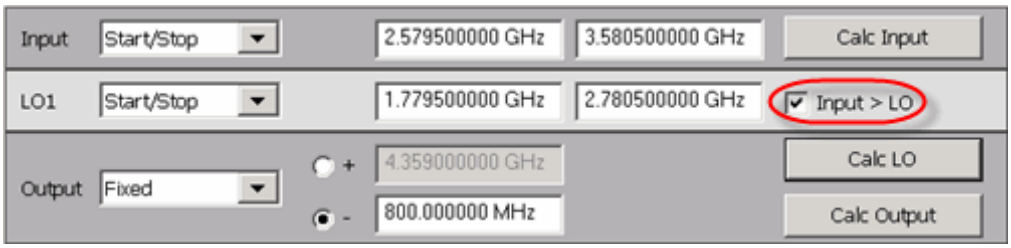
Настройка параметров смесителя

Нажмите **Freq** > ***Main*** > **VMC Setup...,** чтобы открыть диалоговое окно VMC Setup (Настройка VMC).

На вкладке **Sweep** (Развертка) менять значения по умолчанию не требуется. Функция Avoid Spurs (Предотвращать помехи) полезна для устранения помех в измерительных установках с чрезмерной утечкой сигнала гетеродина.

На вкладке **Power** (Мощность) измените уровень мощности на входном порту испытуемого устройства на –17 дБм.

На вкладке **Mixer Frequency** (Частота смесителя) введите значения частот, как показано на рисунке ниже.



Можно указать частоты входного и выходного сигнала, а затем нажать **Calc LO** (Вычислить гетеродин).

Если флажок **Input>LO** НЕ поставлен, анализатор VNA предполагает, что частота на входе должна быть меньше частоты гетеродина, и в результате вычисляются более высокие частоты гетеродина.

Конфигурация внешнего источника

При использовании анализатора VNA-X с внутренним вторым источником внешний источник НЕ требуется.

См. примечание относительно выходной мощности гетеродина и обоих портов источника.

На вкладке **Mixer Setup** (Настройка смесителя) нажмите кнопку **Add Source** (Добавить источник), чтобы открыть диалоговое окно External Source Configuration (Конфигурация внешнего источника).

В диалоговом окне External Source Configuration (Конфигурация внешнего источника) нажмите **Device Properties** (Свойства устройства).

Нажмите **Hardware List (BNC)** (Список оборудования (BNC)). Это самый быстрый способ измерения. Он требует наличия кабелей запуска BNC, соединяющих VNA и источник. Если их нет, можно использовать вариант **Software CW** (Программная непрерывная волна), но измерения будут намного медленнее.

При необходимости выберите интерфейс (обычно **GPIB**), затем нажмите **Refresh** (Обновить) и выберите **Available** IO Configuration (Доступная конфигурация ввода-вывода).

Нажмите **OK** для закрытия диалогового окна Device Properties и еще раз **OK** для закрытия окна External Source Configuration.

Рядом с полем LO1 (Гетеродин 1) выберите имя сконфигурированного внешнего источника.

Полная настройка смесителя

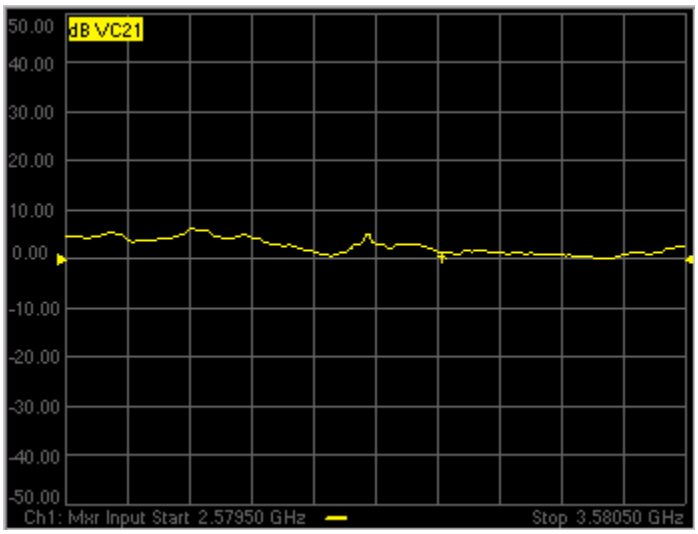
На вкладке **Mixer Power** (Мощность смесителя) измените значение мощности гетеродина 1 на 0,00 дБм. Этот параметр задает значение мощности на выходе внешнего источника, а не на испытуемом устройстве, если только не выполняется калибровка мощности гетеродина.

При действительных настройках кнопки **Save** (Сохранить), **Apply** (Применить) и **OK** будут доступны для нажатия. Чтобы сохранить настройки смесителя в файл и легко воспользоваться ими в будущем, нажмите **Save…** (Сохранить...), затем введите описательное имя файла. Нажмите **OK**.

Нажмите **OK**, чтобы закрыть диалоговое окно VMC Setup.

Чтобы изменить значения по оси X с настроек выходного сигнала по умолчанию (800 МГц), нажмите **Sweep** > ***Main*** > **X-Axis Type** > **Input**.

Когда к частоте добавляется компонент от внешнего источника, график обновляется. Он должен выглядеть приблизительно так, как показано на следующем рисунке. Из-за наличия опорного смесителя нескорректированное измерение VMC может выглядеть так, будто есть усиление.



Проблемы?

Нет развертки

На анализаторе VNA нажмите **Trigger** > ***Main*** > **Continuous** для запуска развертки VNA. Следите за сообщениями об ошибках на анализаторе VNA и источнике.

Проблемы с обменом данными с источником

Нажмите **Setup** > ***External Hardware*** > **External Device...** В диалоговом окне External Device Configuration (Конфигурация внешнего устройства) выберите внешний источник и нажмите Device Properties (Свойства устройства). Рядом с полем Trigger Mode (Режим запуска) выберите вариант **Software CW trigger** (Запуск по программной непрерывной волне), затем закройте окно.
Вновь нажмите **Trigger** > ***Main*** > **Continuous** для запуска развертки VNA. Если это помогает решить проблему, значит, есть какая-то неисправность **оборудования (BNC)**. Проверьте кабели запуска на задней панели.

В качестве крайней меры попробуйте перезапустить анализатор VNA. Во-первых, сохраните все настройки в файл .csa. Когда появятся предустановки измерений VNA, вызовите этот файл .csa и продолжайте процедуру с этого шага.

Если есть развертка источника и развертка входа VNA, но нет выходного сигнала.

Проверьте уровни мощности на гетеродине и входе.

Проверьте испытуемое устройство путем измерения с фиксированным гетеродином — это намного проще.

Выполнение калибровки VMC

Отсоедините испытуемое устройство.

Подключите модуль ECal к порту USB анализатора VNA.

Нажмите **Cal** > ***Main*** > **Smart Cal...** Поскольку активно измерение VC21, мастер калибровки автоматически начнет калибровку VMC.

В диалоговом окне **Calibration Setup** (Настройка калибровки) нажмите **Next** (Далее). Либо установите флажок **Enable LO1 Power Cal** (Разрешить калибровку мощности гетеродина 1), чтобы выполнить калибровку мощности источника и задать мощность гетеродина на испытуемом устройстве. Для этого необходимо, чтобы были подключены измеритель мощности или датчик мощности с шиной USB.

В диалоговом окне **Calibration Mixer Characterization** (Определение характеристик калибровочного смесителя) нажмите кнопку **Next** (Далее). Будут определены характеристики калибровочного смесителя в рамках калибровки VMC. Позднее характеристики калибровочного смесителя будут сохранены, чтобы при последующих

калибровках VMC, использующих тот же частотный диапазон, можно было вызвать эти характеристики калибровочного смесителя, нажав кнопку **Load Characterization from file** (Загрузить характеристики из файла).

В диалоговом окне **Select DUT Connectors and Cal Kits** (Выбор соединителей испытуемого устройства и калибровочных комплектов) в поле **Port 1** (Порт 1) укажите тип разъема и тип соединителя на ВХОДЕ испытуемого устройства. В поле **Port 2** (Порт 2) укажите тип разъема и тип соединителя на **ВЫХОДЕ** испытуемого устройства. Затем выберите ECal в качестве калибровочного комплекта, который будет использоваться для каждого соединителя. Нажмите **Next** (Далее).

В диалоговом окне **Select the ECal Port to be Connected** (Выбрать порт ECal для подключения) убедитесь, что порт A (**Port A**) выбран для порта 1
(**Port 1)**, затем нажмите **Next** (Далее).

В диалоговом окне **Vector Mixer Calibration Step 1 of 3** (Векторная калибровка смесителя — шаг 1 из 3) подключите порт A модуля ECal к кабелю порта 1, а порт B — к кабелю порта 2. Затем нажмите **Measure** (Измерить). В этой части калибровки собираются линейные (без преобразования частоты) параметры погрешности измерительной установки при входных и выходных частотах.

В диалоговом окне **Vector Mixer Calibration Step 2 of 3** (Векторная калибровка смесителя — шаг 2 из 3) выполните следующие подключения, затем нажмите **Measure** (Измерить). В этой части калибровки будут подключены меры коэффициента отражения для характеризации S-параметров калибровочного смесителя/фильтра.

Кабель порта 1 подключается к входу калибровочного смесителя. Кабель гетеродина подключается к порту гетеродина калибровочного смесителя.
Модуль ECal подключается к выходу калибровочного смесителя/фильтра.

В диалоговом окне **Vector Mixer Calibration Step 3 of 3** (Векторная калибровка смесителя — шаг 3 из 3) отсоедините модуль ECal и подключите кабель порта 2 к выходу калибровочного смесителя/фильтра, затем нажмите **Measure** (Измерить). На этом завершающем этапе калибровки охарактеризованный смеситель/фильтр используется в качестве меры коэффициента передачи.

В диалоговом окне **Save Mixer Characterization** (Сохранить характеристики смесителя) нажмите кнопку **Browse** (Обзор), затем введите уникальное имя файла и нажмите **OK**. Нажмите **Next** (Далее). Это действие сохранит характеристики калибровочного смесителя в файл S2P. Этот файл можно вызвать при последующих калибровках VMC.

В диалоговом окне **Calibration completed** (Калибровка завершена) можно при желании сохранить калибровку VMC в качестве массива калибровочных коэффициентов пользователя. Либо нажмите **Finish** (Завершить) для завершения калибровки VMC. Коррекция включается и применяется к графику VMC, который был настроен ранее.

Что произойдет?

В случае развертки внешнего источника выполнение измерений сильно замедляется. Когда коррекция включена, время от времени на экране ничего не будет происходить. Дело в том, что так выполняются фоновые измерения, не отображаемые на экране.

То же самое можно наблюдать, когда к S-параметрам применяется полная двухпортовая коррекция. Все четыре параметра измеряются, к ним применяется коррекция, затем все четыре результата измерений обновляются. В отсутствие внешнего источника это происходит значительно быстрее. В случае измерения VMC отсутствует VC12 (измерение параметров обратной передачи), поэтому выполняются только три фоновых измерения. Когда коррекция отключена, графики обновляются вслед за сбором измеренных данных. Вы можете это наблюдать, создав следующие измерения.

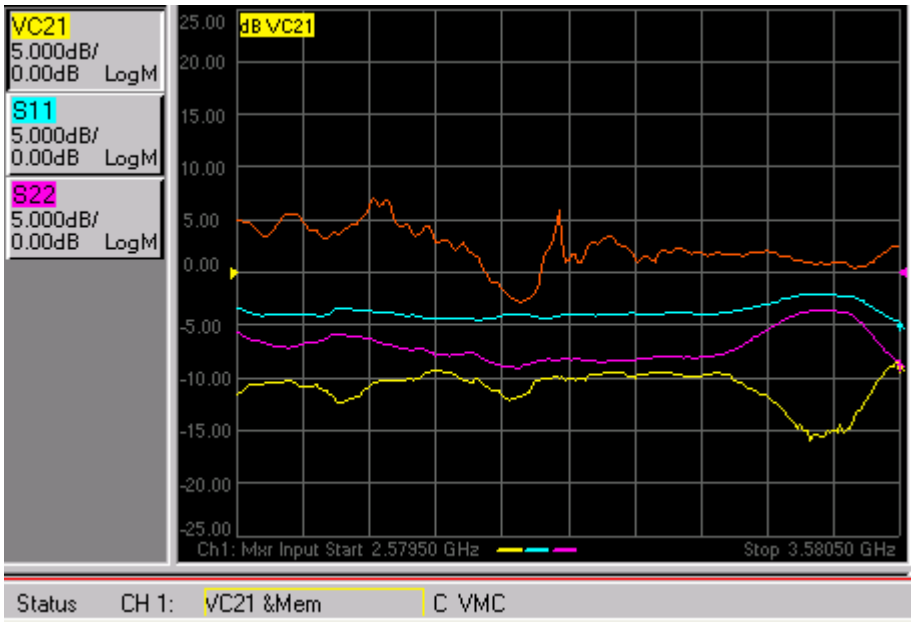
Создание измерений S11 (согласование на входе) и S22 (согласование на выходе)

Щелкните правой кнопкой мыши в окне и добавьте новые графики в тот же канал. Добавьте графики измерений S11 и S22.

Во время развертки источника понаблюдайте за индикатором порта источника на передней панели анализатора VNA. Сначала включится индикатор порта 1 и будет гореть в течение двух циклов развертки, затем включится индикатор порта 2 и будет гореть в течение одного цикла развертки, в то время как все три графика будут обновляться.

Нажмите **Cal** > ***Main*** > **Correction Off**. Обратите внимание, что соответствующие графики обновляются одновременно с разверткой.

На следующем рисунке показаны скорректированные графики потерь при преобразовании (VC21), согласования на входе (S11), согласования на выходе (S22) и нескорректированный график потерь преобразования (VC21) (график в памяти).



Встроенный гетеродин

Функция Embedded LO (Встроенный гетеродин) позволяет выполнять измерения VMC, SMC, IMDx, GCX и NFX на смесителях с ФИКСИРОВАННЫМ ГЕТЕРОДИНОМ внутри испытуемого устройства. Узнайте, как выполнять измерения IMX Spectrum на преобразователях со встроенным гетеродином.

Примечание. Эта функция доступна в качестве опции S93084A и должна быть активирована.

В данной теме:

Обзор: как VNA измеряет встроенный гетеродин
Измерение испытуемого устройства со встроенным гетеродином (процедура)
Запуск диалогового окна Embedded LO Mode (Режим встроенного гетеродина)
Справка диалогового окна Embedded LO (Встроенный гетеродин)
Справка диалогового окна Embedded LO Diagnostic (Диагностика встроенного гетеродина)

Обзор: как VNA измеряет встроенный гетеродин

Измерение таких устройств представляет трудности по ряду причин.

Процедура измерения VMC требует использования опорного смесителя с той же частотой гетеродина, что и у испытуемого устройства. В качестве гетеродина опорного смесителя необходимо использовать отдельный внутренний или внешний источник. Анализатор VNA с внутренним вторым источником работает намного быстрее. **Этот источник (внутренний или внешний) ДОЛЖЕН ОБЯЗАТЕЛЬНО контролироваться анализатором VNA!** Узнайте, как это сделать.

Все измерения со встроенным гетеродином требуют, чтобы приемники VNA были настроены на правильную частоту для измерения выходного сигнала смесителя, что в значительной степени зависит от точной частоты гетеродина.

Номинальная частота встроенного гетеродина вводится в диалоговом окне Mixer Setup (Настройка смесителя).Она служит начальной точкой измерения.

Перед каждым циклом развертки с измерением испытуемого устройства выполняются фоновые циклы развертки для определения частоты встроенного гетеродина с настраиваемой степенью точности.

Фоновые циклы развертки...

Широкополосная развертка. Грубое измерение частоты встроенного гетеродина, выполняемое вокруг выбранной точки данных в выбранном диапазоне. Входной сигнал испытуемого устройства настраивается на выбранную частоту непрерывной волны. На приемнике B выполняется развертка по выбранному диапазону вокруг ожидаемой выходной частоты. Разница между частотой обнаруженного сигнала и желаемой частотой выходного сигнала затем применяется как корректировка.

Высокоточная развертка. Сигнал на приемнике B измеряется в выбранной точке данных. Выполняются фазовременные измерения, по результатам которых вычисляется точная частота отстройки, пока не будет достигнуто либо значение допуска, либо максимальное число повторений.

При измерениях VMC частота опорного смесителя обновляется после того, как будет определена частота встроенного гетеродина.

Измерение испытуемого устройства со встроенным гетеродином

Создайте измерение VMC, SMC, IMDx, IMx Spectrum, GCX или NFX.

В окне настройки смесителя введите номинальную частоту встроенного гетеродина в качестве частоты гетеродина.

Выполните калибровку как обычно.

Откройте диалоговое окно Embedded LO Mode (Режим встроенного гетеродина) и укажите в нем необходимые данные (см. ниже)

Для VMC со встроенным гетеродином

(Остальные приложения смесителя НЕ требуют наличия опорного смесителя.) Варианты источника сигнала гетеродина для опорного смесителя:

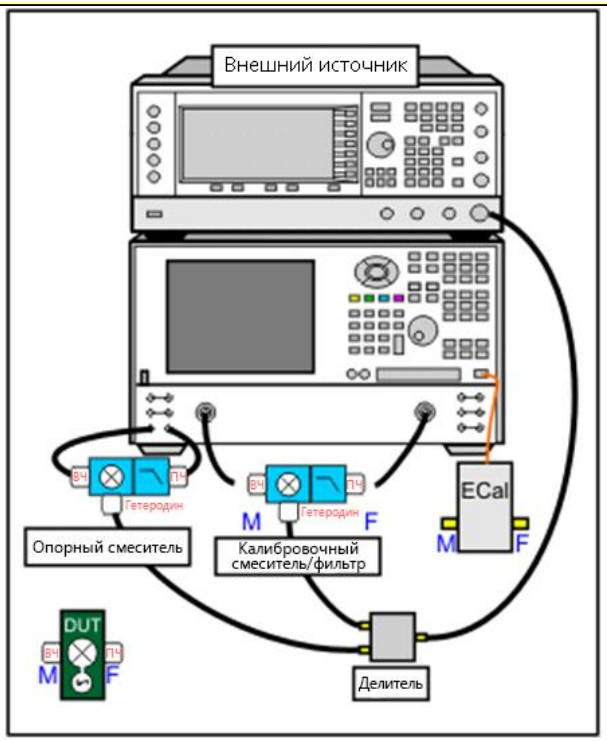
внутренний источник при использовании VNA-X с двумя источниками;

внешний источник:

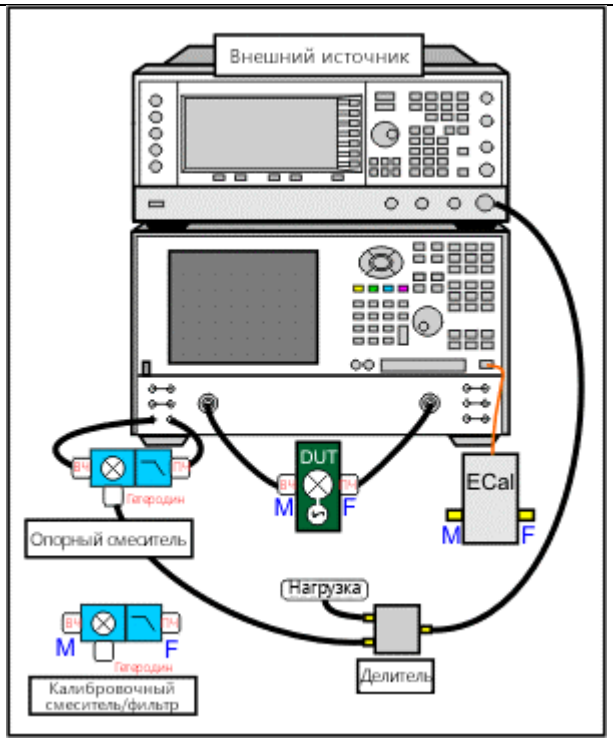
Должен быть сконфигурирован как внешнее устройство.
Должен быть синхронизирован с VNA с использованием опорного сигнала 10 МГц.

Этот источник (внутренний или внешний) ДОЛЖЕН ОБЯЗАТЕЛЬНО контролироваться анализатором VNA. Для этого задайте в качестве источника гетеродина 1 на вкладке Mixer Setup (Настройка смесителя) тот источник (внешний, порт 3 или порт 4), который возбуждает опорный смеситель.

Во время калибровки. Источник сигнала гетеродина используется одновременно опорным смесителем и калибровочным смесителем/фильтром. Это требует наличия делителя при использовании внешнего источника, как показано на следующем рисунке.



Во время измерения. Только опорный смеситель использует источник сигнала гетеродина. Подключите, как показано на рисунке ниже, оконечную нагрузку к порту источника сигнала гетеродина, который больше не используется калибровочным смесителем/фильтром, чтобы согласование, определяемое портом гетеродина опорного смесителя, не изменилось после калибровки. Эта мера предосторожности не требуется, если используется внутренний второй источник (порты 3 и 4) анализатора VNA-X.



Для измерений SMC, IMDx, IMxSpectrum и NFX

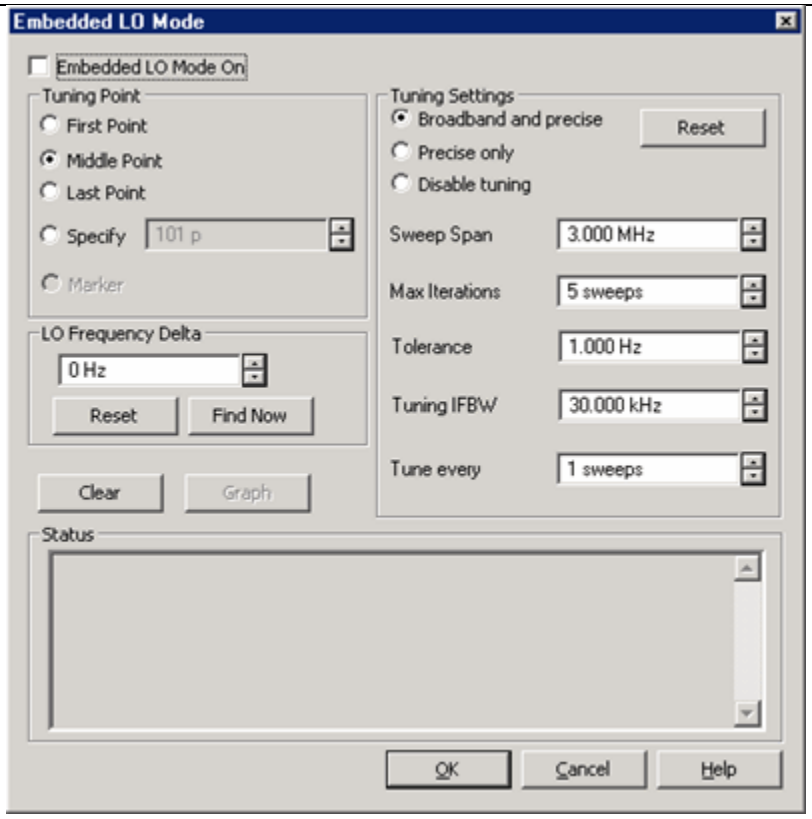
Для измерений со встроенным гетеродином не требуется особой настройки.

Запуск диалогового окна Embedded LO Mode (Режим встроенного гетеродина)

С помощью аппаратной клавиши / *программной вкладки* / программной кнопки	С помощью мыши
Нажмите **Sweep** > ***Source Control*** > **Embedded LO...**	Щелкните по **Stimulus** Выберите **Sweep** Выберите **Source Control** Выберите **Embedded LO...**

Команды программирования

Справка диалогового окна **Embedded LO (Встроенный гетеродин)**



Параметры в разделе Tuning Settings (Настройки регулировки) позволяют сбалансировать скорость и точность измерения гетеродина. Ухудшение точности можно видеть, когда на графике измерения начинает появляться шум.

Прокрутите вверх, чтобы узнать больше о процессе измерения со встроенным гетеродином.

Embedded LO Mode On (Режим встроенного гетеродина включен): установите этот флажок, чтобы активировать измерение встроенного гетеродина.

Tuning Point (Точка регулировки): выберите или укажите точку данных в развертке смесителя, которая будет использоваться для обнаружения частоты встроенного гетеродина. Если активен маркер, то можно использовать эту точку данных.
Для широкополосной и высокоточной разверток выберите точку в развертке смесителя, в которой шум наименее вероятен, например точку наибольшего усиления. Обычно это центр развертки или центр фильтра, если он используется.

LO Frequency Delta (Дельта частоты гетеродина): абсолютная разность между измеренной частотой встроенного гетеродина и уставкой гетеродина, введенной в диалоговом окне Mixer Setup (Настройка смесителя).Это значение обновляется при каждом измерении частоты встроенного гетеродина. Ввод значения позволяет изменять частоту гетеродина в настройках смесителя, не отменяя действительности калибровки.

Reset (Сброс): сброс дельты частоты гетеродина обратно на 0 Гц.

Find Now (Найти сейчас): VNA ищет и измеряет фактическую частоту гетеродина, используя текущие настройки в диалоговом окне. Эти данные отображаются в поле **Status** (Статус).

Tuning Settings (Настройки регулировки): эти настройки определяют соотношение затраченного времени и степени точности при измерении частоты гетеродина. Ухудшение точности можно видеть, когда на графике измерения начинает появляться шум.

Reset (Сброс): возврат всех настроек регулировки к значениям по умолчанию.

Broadband and Precise (Широкополосная и высокоточная): выполняется полная регулировка для каждого фонового цикла развертки. См. более подробную информацию в разделе Обзор.

Precise only (Только высокоточная): широкополосная регулировка для каждого цикла развертки НЕ выполняется. Используйте этот параметр, когда встроенный гетеродин стабилен. Сигнал (после широкой полосы) должен быть в пределах ½ регулировочной ширины полосы ПЧ. Если сигнал всегда будет в пределах ½ ширины полосы ПЧ, широкополосная регулировка не требуется. Большинство спутниковых компонентов находятся в пределах 3 кГц по абсолютному значению, поэтому для них может не требоваться широкополосная регулировка.

Disable tuning (Отключить регулировку): к гетеродину опорного смесителя и приемникам VNA будет применяться только ранее измеренная дельта частоты гетеродина.

Sweep Span (Размах развертки): сужение размаха развертки уменьшает количество точек данных, которые измеряются при широкополосной развертке, и ускоряет измерение. Размах развертки должен быть меньше 14 МГц. Разрешение в широкополосном режиме — это регулировочная ширина полосы ПЧ.

Max Iterations (Макс. число итераций): максимальное число циклов высокоточной развертки, которое должно быть выполнено. Когда это число будет достигнуто, используется окончательный результат измерения.

Tolerance (Допуск): когда в пределах этого значения выполняются два последовательных высокоточных измерения, используется окончательный результат измерения. Когда это значение не достигается в пределах максимального числа итераций, используется результат последнего измерения. Именно эти параметры настройки регулировки лучше всего изменять, чтобы добиться повышения точности.

Tuning IFBW (Регулировочная ширина полосы ПЧ): ширина полосы ПЧ, используемая для циклов развертки широкополосной и высокоточной регулировки. Этот параметр задает разрешение в циклах широкополосной развертки и устанавливает максимальную погрешность (1/2 ширины полосы ПЧ) для высокоточной регулировки. Чем больше ширина полосы ПЧ, тем быстрее развертка, но сигнал может быть не обнаружен.

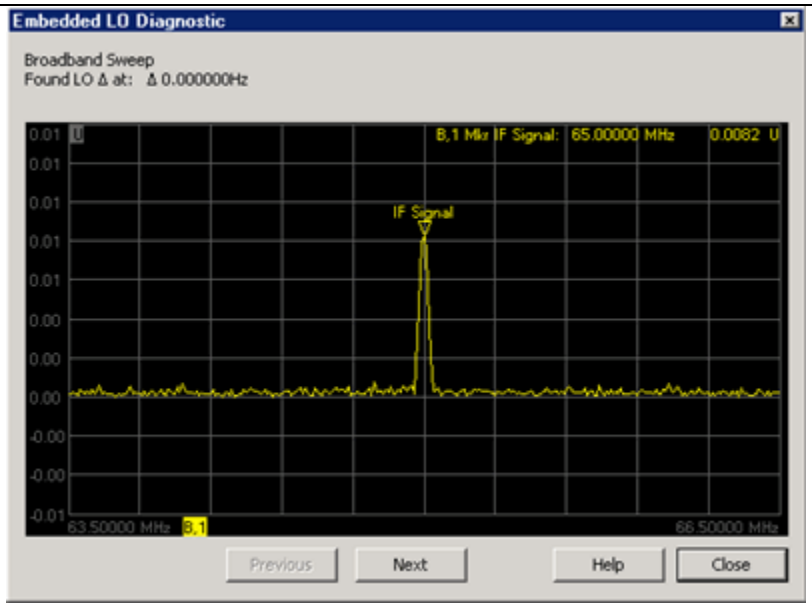
Tune every (Регулировать каждые): задает интервал, с которым выполняется регулировка перед разверткой с измерением. Tune every 3 sweeps (Регулировать через каждые 3 цикла развертки) означает, что каждому третьему циклу развертки с измерением предшествуют циклы развертки с регулировкой. Если встроенный гетеродин дрейфует или если испытуемые устройства регулярно меняются, используйте настройку Tune every 1 sweep (Регулировать через каждый цикл развертки).

Status (Статус): обеспечивает текстовое и графическое представление циклов развертки с измерением встроенного гетеродина.

Clear (Очистить): нажмите, чтобы удалить текстовую информацию, отображаемую в данный момент.

Graph (График): нажмите, чтобы запустить графическое отображение циклов развертки (типа «анализатор спектра») последнего измерения встроенного гетеродина.

Справка диалогового окна **Embedded LO Diagnostic (Диагностика встроенного гетеродина)**



Это диалоговое окно появляется при нажатии кнопки **Graph** (График) в диалоговом окне Embedded LO (Встроенный гетеродин).

Оно представляет собой графическое отображение (типа «анализатор спектра») последнего измерения встроенного гетеродина.

Нажмите кнопку **Previous** (Предыдущий) или **Next** (Следующий) для просмотра циклов доступной широкополосной и высокоточной развертки. Частота гетеродина отображается в аннотации маркера.

Смещение частоты

Смещение частоты

Режим смещения частоты (Frequency Offset Mode, FOM) позволяет настроить источники VNA на частоты, которые отличаются от частот приемников VNA (смещены).

Опция VNA N52xxA-080/S93080A предоставляет аппаратные и базовые программные средства для выполнения измерений смещения частоты. В этой теме рассказывается о настройках VNA, относящихся к выполнению таких измерений.

Диалоговое окно Frequency Offset (Смещение частоты)
Примеры настройки
Диалоговое окно RF Path Config (Конфигурация ВЧ-тракта) (опорный переключатель)

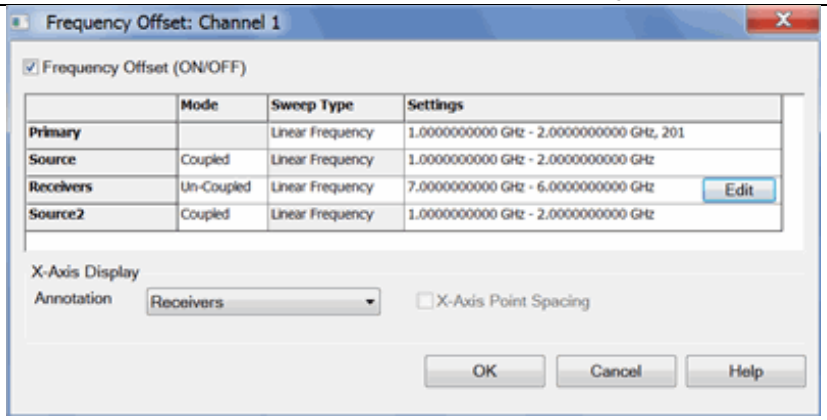
Выполнение настроек смещения частоты

С помощью аппаратной клавиши / *программной вкладки* / программной кнопки

Нажмите **Sweep** > ***Source Control*** > **Frequency Offset...**

Команды программирования

Справка диалогового окна **Frequency Offset (Смещение частоты)**



Ниже описаны основные изменения в режиме FOM.

Stimulus (Испытательный сигнал) и Response (Ответный сигнал) теперь называются Sources (Источники) и Receivers (Приемники). Настройки источников и приемников можно задать двумя способами:

путем связывания с основными настройками канала (Primary). Это единственный способ в предыдущих версиях;

путем отмены связывания и задания независимых значений для источников и приемников. Это новый, более простой способ.

Это диалоговое окно позволяет видеть внешние источники и управлять ими.

Примечание. Источник 2 (Source2) подает мощность на порты 3 и 4. Источник Source2 можно включить в диалоговом окне Power and Attenuators (Мощность и аттенюаторы). Только в этом окне (Frequency Offset) можно управлять частотой источника Source 2.

Frequency Offset (ON/OFF) (Смещение частоты (ВКЛ/ВЫКЛ)): активирует режим смещения частоты во ВСЕХ измерениях, имеющихся в активном канале.

Когда режим FOM НЕ активирован, все частоты будут теми же, что и в активном канале.
Совет: сначала введите другие настройки в этом диалоговом окне, затем установите флажок Frequency Offset ON.

Primary (Основные): настройки текущего активного канала. Когда источник или приемник связаны с основными настройками, его тип развертки совпадает с типом развертки основных настроек. Параметры частоты связанного диапазона математически выводятся из основных настроек с использованием значений множителя, делителя и смещения. При таком подходе достаточно изменять только основные настройки, и изменения будут применены к связанным источникам и приемникам. Изменения в основных настройках канала происходят, когда установлен флажок Frequency Offset. См. пример использования основных и связанных настроек.

Совет: основные настройки используются ТОЛЬКО тогда, когда источники и приемники связаны. Часто бывает проще отменить связывание, а затем задать настройки источников и приемников отдельно.

Source (Источник) и Source2 (Источник 2), если есть.

Receivers (Приемники): все приемники, используемые в канале, включая опорные приемники, настроены на указанные частоты.

Mode (Режим)

Coupled (Связанные): настройки источников и приемников математически выводятся из основных настроек с использованием значений множителя, делителя и смещения. Подробнее.

Uncoupled (Несвязанные): настройки источников и приемников вводятся отдельно, независимо от основных настроек. Когда выбран вариант Uncoupled, для диапазонов источников и приемников можно использовать отдельные типы развертки.

Sweep Type (Тип развертки): нажмите, чтобы изменить тип развертки для каждого диапазона. Доступно только для основных настроек и несвязанных источников и приемников.

Неподдерживаемые сочетания типов развертки

Типы Power Sweep (Развертка мощности) и Segment Sweep (Сегментированная развертка) НЕ могут использоваться совместно.

Несвязанная логарифмическая развертка (Log Sweep) выдает недействительные данные, когда источники смещены относительно приемников.

Связанная логарифмическая развертка допустима только при следующих двух условиях:

смещение = 0, множитель = 1, делитель = 1;

множитель = 0.

Settings (Настройки): чтобы изменить настройки, щелкните **B** соответствующей ячейке столбца Settings, а затем нажмите **Edit** (Редактировать).

Если настройки связаны, откроется диалоговое окно Coupled (Связанные).

Если настройки не связаны или если они являются основными, откроется диалоговое окно Uncoupled (Несвязанные).

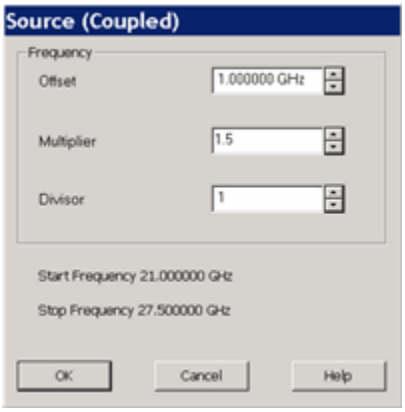
X-Axis (Ось X): выберите, какие настройки будут отображаться на оси X.

X-Axis Point Spacing (Расстояние между точками по оси X): доступно только в том случае, если для отображения на оси X выбран тип Segment Sweep. Подробнее.

Примечание. При включении смещения частоты ВСЕ приемники в канале, включая опорные, настраиваются на новые смещенные частоты, поэтому источник и опорный приемник будут работать на разных частотах. Соответственно, измерения FOM с использованием опорного приемника, включающего все S-параметры, будут выдавать недействительные данные.

Чтобы выполнить и отобразить измерения на частотах как источника, так и приемника, необходимо использовать два канала. Воспользуйтесь редактором формул для вычисления потерь преобразования.

Справка диалогового окна **Coupled settings (Связанные настройки)**



Формулы связывания:

Начало диапазона = [основная начальная частота x (множитель / делитель)] + смещение
Конец диапазона = [основная конечная частота x (множитель / делитель)] + смещение

Где:

Смещение — абсолютная смещенная частота в Гц. В случае измерений на смесителях это будет частота гетеродина. Диапазон составляет +/– 1000 ГГц. Смещение может быть положительным или отрицательным.

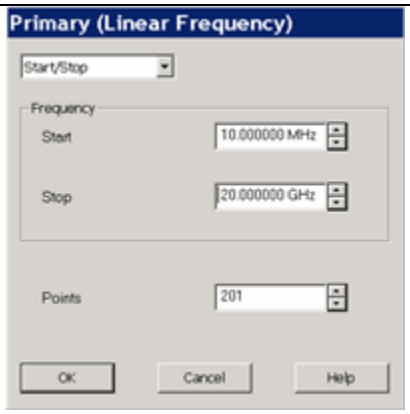
Множитель — вместе с делителем он определяет величину, на которую должен быть умножен испытательный сигнал. Диапазон составляет +/– 1000.

При отрицательных множителях развертка испытательного сигнала происходит в направлении понижения. В случае измерений на смесителях/понижающих преобразователях это относится к схемам, в которых частота входного сигнала должна быть меньше частоты сигнала гетеродина. См. пример.

Значение 0 (ноль) в качестве множителя обнуляет основную настройку. Величина смещения прибавляется к нулю.

Делитель — вместе с множителем определяет величину, на которую должен быть умножен испытательный сигнал. Диапазон составляет от 1 до 1000.

Справка диалогового окна **Primary and Uncoupled settings (Основные и несвязанные настройки)**



Это диалоговое окно будет выглядеть по-разному в зависимости от типа развертки.

Линейная и логарифмическая частота

Несвязанная логарифмическая развертка (Log Sweep) выдает недействительные данные, когда источники смещены относительно приемников.

Выберите вариант Start/Stop (Начальная/конечная частота) или Center/Span (Центральная частота/ширина полосы).
Frequency (Частота): введите значения.
Points (Точки) (только основные настройки): введите количество точек данных для развертки.

Мощность

CW Freq (Частота непрерывных колебаний): введите частоту в Гц.

Points (Точки) (только основные настройки): введите количество точек данных для развертки мощности.

CW Time (Время непрерывных колебаний)

CW Freq (Частота непрерывных колебаний): введите частоту в Гц.

Sweep Time (Время развертки): введите время выполнения одного цикла развертки.
Для максимальной скорости развертки введите 0.

Изменения сегментированной развертки выполняются точно так же, как в стандартной таблице сегментов.

Для опытных пользователей: несвязанная сегментированная развертка предоставляет очень гибкие возможности настройки конфигурации измерений. В режиме сегментированной развертки:

кнопка OK будет НЕДОСТУПНА до тех пор, пока общее количество точек данных для всех сегментов не совпадет с количеством точек данных в основных настройках;

независимая ширина полосы ПЧ и независимое время развертки доступны ТОЛЬКО для основных настроек (настроек канала) и несвязанных приемников, но НЕ источников;

независимая мощность доступна ТОЛЬКО для основных настроек (настроек канала) и несвязанных источников, но НЕ приемников.

Примеры настроек

Хотя настройки смещения частоты можно использовать с устройствами множества разных типов, в данных примерах употребляется терминология, относящаяся к смесителям.

См. раздел «Измерение компрессии и фазы смесителя (AM-PM) с использованием FOM».

1. **Фиксированный гетеродин — повышающий преобразователь**

   Свипируемый испытательный сигнал (входной сигнал смесителя): от 1000 до 1200 МГц
   Фиксированный гетеродин: 1500
   Свипируемый ответный сигнал (выходной сигнал смесителя): от 2500 до 2700 МГц

   Введите следующие настройки в диалоговом окне FOM.
   Source (Источник): Uncoupled (Несвязанный)
   Sweep Type (Тип развертки): Linear (Линейная)

   Нажмите Settings (Настройки), затем Edit (Редактировать). В диалоговом окне Source: Start Frequency (Начальная частота) = 1000 МГц
   Stop Frequency (Конечная частота) = 1200 МГц

   Receiver (Приемник): Uncoupled (Несвязанный)

   Sweep Type (Тип развертки): Linear (Линейная)

   Нажмите Settings (Настройки), затем Edit (Редактировать). В диалоговом окне Receiver: Start Frequency (Начальная частота) = 2500 МГц
   Stop Frequency (Конечная частота) = 2700 МГц

   LO Settings (Настройки гетеродина)

   Задайте для внешнего источника параметр CW — 1500 МГц.

   Source2 (Источник 2): Uncoupled (Несвязанный) (только при использовании второго внутреннего источника VNA)
   Sweep Type (Тип развертки): CW Time (Время непрерывных колебаний)

   Нажмите Settings (Настройки), затем Edit (Редактировать). В диалоговом окне Source2: CW Frequency (Частота непрерывных колебаний) = 1500 МГц

---

2. **Фиксированный гетеродин — понижающий преобразователь (частота входного сигнала меньше частоты сигнала гетеродина)**

   Свипируемый НАРАСТАЮЩИЙ испытательный сигнал (входной сигнал смесителя): от 1000 до 1100 МГц
   Фиксированный гетеродин: 2500 МГц
   Свипируемый ПОНИЖАЮЩИЙСЯ ответный сигнал (выходной сигнал смесителя): от 1500 до 1400 МГц

   Введите следующие настройки в диалоговом окне FOM.
   Primary (Основные): не используется
   Source (Источник) (вход): Uncoupled (Несвязанный)
   Sweep Type (Тип развертки): Linear (Линейная)
   Нажмите Settings (Настройки), затем Edit (Редактировать). В диалоговом окне Source: Start Frequency (Начальная частота) = 1000 МГц
   Stop Frequency (Конечная частота) = 1100 МГц

   Receiver (Приемник) (выход): Coupled (Связанный)

   Sweep Type (Тип развертки): Linear (Линейная)

   Нажмите Settings (Настройки), затем Edit (Редактировать). В диалоговом окне Receiver: Offset (Смещение): 2500 МГц
   Multiplier (Множитель): –1 (минус один)

   LO Settings (Настройки гетеродина)

Если используется внешний источник, установите параметр CW: 2500 МГц. Если используется **Source2** (Источник 2): установите параметр Uncoupled (Несвязанный), затем:

Sweep Type (Тип развертки): CW Time (Время непрерывных колебаний)

Нажмите Settings (Настройки), затем Edit (Редактировать). В диалоговом окне Source2: CW Frequency (Частота непрерывных колебаний) = 2500 МГц

3. Свипируемый сигнал гетеродина — фиксированный выходной сигнал — повышающий преобразователь

Измерения со свипированием внешнего гетеродина в режиме смещения частоты могут быть очень сложными. Внешний источник сигнала гетеродина должен быть синхронизирован со свипируемым выходным или входным сигналом (как в данном примере). Опция приложения преобразователя частот S93083A легко выполняет эти измерения.

Свипируемый испытательный сигнал (входной сигнал смесителя): от 1000 до 1100 МГц

Свипируемый сигнал гетеродина: от 1500 до 1400 МГц

Фиксированный ответный сигнал (выходной сигнал смесителя): 2500 МГц.

Введите следующие настройки в диалоговом окне FOM.

Source (Источник): Uncoupled (Несвязанный)

Sweep Type (Тип развертки): Linear (Линейная)

Нажмите Settings (Настройки), затем Edit (Редактировать). В диалоговом окне Source: Start Frequency (Начальная частота) = 1000 МГц
Stop Frequency (Конечная частота) = 1100 МГц

Receiver (Приемник): Uncoupled (Несвязанный)

Sweep Type (Тип развертки): CW Time (Время непрерывных колебаний)

Нажмите Settings (Настройки), затем Edit (Редактировать). В диалоговом окне Receiver: CW Frequency (Частота непрерывных колебаний) = 2500 МГц

LO Settings (Настройки гетеродина)

Если используется внешний источник, задайте развертку с 1500 до 1400 МГц.

Если используется Source2 (внутренний второй источник): задайте параметр Uncoupled (Несвязанный), затем:

Sweep Type (Тип развертки): Linear (Линейная)

Нажмите Settings (Настройки), затем Edit (Редактировать). В диалоговом окне Source2: Start Frequency (Начальная частота) = 1500 МГц
Stop Frequency (Конечная частота) = 1400 МГц

4. Развертка мощности для смесителей

Для измерения компрессии усиления на смесителе входная мощность смесителя подвергается свипированию. Частоты на входе и выходе фиксированы, но смещены относительно друг друга.

Это тот случай, когда полезны связанные настройки, поскольку одно и то же испытание на компрессию можно выполнять на нескольких разных частотах. Когда диапазоны источника и приемника связаны, основную частоту (частоту канала) можно легко изменить с передней панели. Связанные частоты источника и приемника обновятся соответствующим образом.

Свипируемая входная мощность: **от –10 до 0 дБм**

Фиксированная частота входного сигнала: 1500 МГц

Фиксированный сигнал гетеродина: 500 МГц

Фиксированный выходной сигнал: 2000 МГц

Введите следующие настройки в диалоговом окне FOM.

Primary (Основные):

Sweep Type (Тип развертки): Power Sweep (Развертка мощности)

Нажмите Settings (Настройки), затем Edit (Редактировать). В диалоговом окне Primary: CW Frequency (Частота непрерывных колебаний) = 1500 МГц

Source (Источник): Coupled (Связанный)

Настройки по умолчанию — CW Frequency (Частота непрерывных колебаний): 1500 МГц (та же, что и в основных настройках)

Receiver (Приемник): Coupled (Связанный)

Настройки по умолчанию — Sweep Type (Тип развертки): CW Time (Время непрерывных колебаний). Нажмите Settings (Настройки), затем Edit (Редактировать). В диалоговом окне Receiver: Offset (Смещение) = 500 МГц

LO Settings (Настройки гетеродина)

Если используется внешний источник, установите параметр CW: 500 МГц

Если используется Source2 (внутренний второй источник): задайте параметр Coupled (Связанный), затем:

Sweep Type (Тип развертки): Power Sweep (Развертка мощности)

Нажмите Settings (Настройки), затем Edit (Редактировать). В диалоговом окне Source2: CW Frequency (Частота непрерывных колебаний) = 500 МГц

Опорный переключатель из измерительной установки

В измерительных установках моделей VNA-X и N522x есть переключатель, который позволяет обойти опорный приемник порта 1 через соединители эталона 1 на передней панели. Благодаря этому переключателю можно легко переключаться между стандартными измерениями S-параметров и измерениями с использованием опорного смесителя. Эта особенность может использоваться для выполнения стандартных измерений S11 и измерений параметров передачи преобразователя относительно опорного (образцового) смесителя.

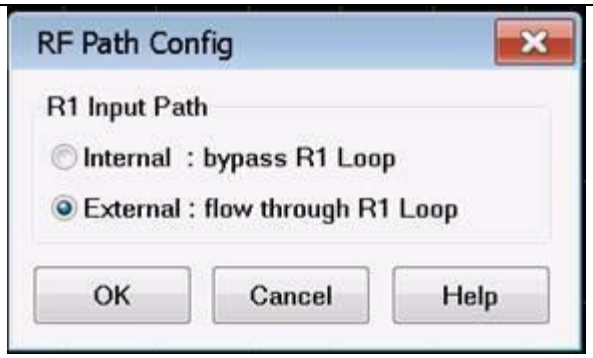
Примечание. Опция S93083A приложения преобразователя частот упрощает эту задачу, позволяя выполнять в высшей степени точные измерения фазы на БОЛЬШИНСТВЕ устройств преобразования частот.

Как открыть диалоговое окно RF Path Config (Конфигурация ВЧ-тракта)

С помощью аппаратной клавиши / *программной вкладки* / программной кнопки	С помощью мыши
Нажмите Setup > *Internal Hardware* > RF Path Config...	Щелкните по Instrument. Выберите Setup. Выберите Internal Hardware. Выберите RF Path Config.

Команды программирования

Справка диалогового окна **RF Path Config (Конфигурация ВЧ-тракта)**



Примечание. Эта возможность доступна в моделях VNA-X и N522x.

R1 Input Path (Тракт входа R1)

Internal (Внутренний): соединяет источник порта 1 напрямую с приемником R1.

External (Внешний): обеспечивает прямой доступ к приемнику R1 через соединители эталона 1 на передней панели.

Приложение Gain Compression

Gain Compression for Amplifiers (GCA) (опция S9x086A)

Особенности, требования и ограничения
Понятие компрессии усиления
Анализ отображаемых графиков GCA
Параметры компрессии усиления
Методы компрессии
Режимы получения данных
Использование приложения Gain Compression

Вкладка Frequency (Частота)
Вкладка Power (Мощность)
Вкладка Compression (Компрессия)
Диалоговое окно Safe Sweep Mode (Режим безопасной развертки)

Анализ компрессии
Сохранение данных GCA
Советы по выполнению измерений GCA
Макросы

См. также

Калибровка GCA

Рекомендации по применению Измерения линейной компрессии и компрессии усиления на усилителях

Особенности, требования и ограничения

Особенности

Полные измерения компрессии усиления для усилителей — быстро и просто.

Большой выбор параметров компрессии, включая усиление, входную мощность при компрессии, выходную мощность при компрессии, согласование на входе и уровень компрессии.

Несколько методов компрессии на выбор, включая отклонение от линейного усиления, отклонение от максимального усиления, коэффициент потери, координаты X/Y и компрессию по насыщению.

Три метода получения данных на выбор: Power per Freq (Мощность на частоту), Freq per Power (Частота на мощность) и SMART Sweep (SMART-развертка).

Мастер калибровки SMARTCal, помогающий выполнить полную 2-портовую калибровку или расширенную калибровку по АЧХ, а также калибровку мощности источника.

Анализ компрессии позволяет использовать привычное представление развертки мощности на выбранной частоте.

Выравнивание приемника обеспечивает постоянную точность мощности источника.

Поддержка широкополосных (НЕ узкополосных) импульсных измерений с помощью новых встроенных диалоговых окон Pulse setup (Настройка импульса).

Требования

Опция S9x086A (только программная опция) должна быть активирована. При выполнении необязательной калибровки:

модуль ECal или калибровочный комплект;
измеритель/датчик мощности.

Ограничения при работе с GCA

Предельное количество точек — 100 001 точка для получения двухмерных данных, 50 000 точек для SMART-развертки.

Стандартная развертка мощности с непрерывной волной НЕ поддерживается в канале Gain Compression.

Независимые параметры IFBW (Ширина полосы ПЧ), Power Levels (Уровни мощности), Shift LO (Смещение гетеродина) или Sweep Time (Время развертки) в таблице сегментов НЕ поддерживаются.

Только режим пошаговой развертки.

Только режимы линейной, логарифмической и сегментированной частотной развертки.

Следующие функции VNA в канале Gain Compression НЕДОСТУПНЫ:

Измерения приемников без соотношений (A, B, R)

Определение пользовательских характеристик ECal

Некоторые возможности работы с оснасткой

FOM или FCA

Управление внешним измерительным блоком (опция S93551A)

Управление интерфейсом

Конфигурация тракта ПЧ

Развертка CW Time (Время непрерывных колебаний)

Сбалансированные измерения

Сохранение данных автоматически форматируемых файлов Citifile

Узкополосные импульсные измерения с использованием приложения Integrated Pulse

Понятие компрессии усиления

Что такое компрессия усиления

В характеристике усилителей имеется область линейного усиления, где усиление не зависит от уровня входной мощности. Это усиление обычно называют усилением по малому сигналу. При повышении входной мощности до уровня, на котором усилитель приближается к насыщению, это усиление уменьшается. Компрессия усиления на 1 дБ — это уровень входной мощности, который вызывает падение усиления на усилителе на 1 дБ относительно линейного усиления.

Компрессию усиления можно быстро измерить с помощью маркера компрессии на графике развертки мощности.

Термины, используемые в GCA

Уровень линейной мощности — заданная входная мощность, при которой обеспечивается линейное усиление (также называемое усилением по малому сигналу) на усилителе.

Опорное усиление — **измеренное усиление, которое используется в качестве эталона для определения уровня компрессии. На это значение может влиять используемый метод компрессии**.

Уровень компрессии — **заданная величина, на которую уменьшается усиление в сравнении с опорным усилением.**

Целевое усиление — **усиление при заданном уровне компрессии. Хотя этот термин не появляется в GCA, его важно понимать при рассмотрении различных параметров компрессии.**
Например, при использовании метода компрессии по линейному усилению со следующими настройками:

Линейное усиление (измеренное при линейной входной мощности) = 10,2 дБ

Уровень компрессии (заданный) = 1 дБ

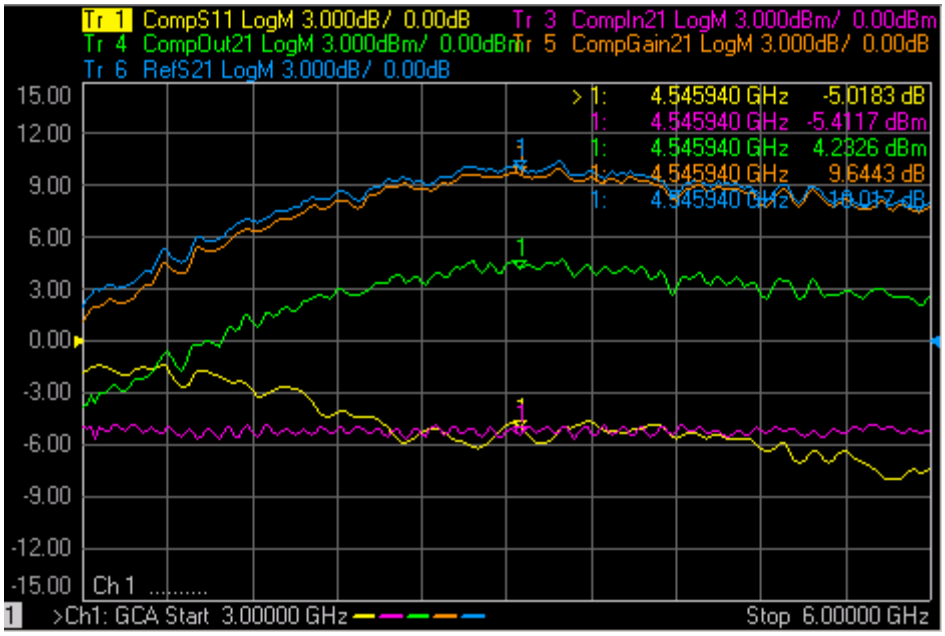
Целевое усиление = 9,2 дБ

Это усиление называется целевым, поскольку GCA будет искать ближайший к 9,2000 дБ результат измерения усиления. Возможно, приложение не получит в точности этот результат измерения.

Точка компрессии — рабочая точка, в которой результат измерения усиления максимально близок к целевому усилению. Для этой точки выводятся данные всех параметров компрессии.

Анализ отображаемых графиков GCA

Одна из важнейших идей, о которой следует помнить при работе с GCA, состоит в том, что каждая частотная точка данных представляет множество измерений, выполненных с использованием разных уровней входной мощности.



Некоторые замечания о том, как GCA отображает данные компрессии:

Значения по оси X — это ВСЕГДА частота. Представьте за каждой частотной точкой данных традиционную кривую развертки мощности с соответствующими измерениями и вычислениями, необходимыми для нахождения заданной точки компрессии.

Значения по оси Y всегда выводятся в точке компрессии. Отображаемое значение зависит от выбранного параметра компрессии. S-параметры, отображаемые в канале GCA, всегда измеряются при линейном и обратном уровне мощности.

Пример. На рисунке выше показаны пять из шести параметров компрессии GCA. Отсутствующий график — DeltaGain21 — будет рассмотрен ниже.

Маркеры помещены на 4,549 ГГц для всех параметров.

Tr 3 CompIn21 (входная мощность в точке компрессии) показывает следующее значение маркера: –5,4117 дБм. Это та поступающая на испытуемое устройство мощность, которая потребовалась для достижения данной точки компрессии. Обратите внимание, что приблизительно та же входная мощность потребовалась для достижения заданной компрессии на ВСЕХ частотах.

Tr 5 CompGain21 (усиление в точке компрессии) показывает следующее значение маркера: 9,6443 дБ. Это результат измерения усиления в точке компрессии.

Чтобы посмотреть усиление на этой частоте при другой входной мощности, воспользуйтесь функцией анализа компрессии.

Создание измерения GCA

Нажмите **Meas** > ***S-Param*** > **Meas Class...**

Выберите Gain Compression, а затем нажмите:

либо OK, чтобы удалить существующее измерение;

либо New Channel, чтобы создать измерение в новом канале.

Параметры компрессии усиления

Канал GCA позволяет измерять несколько параметров компрессии усиления, а также стандартные S-параметры и параметры ADC.

Добавление параметров GCA

С помощью аппаратной клавиши / *программной вкладки* / программной кнопки	С помощью мыши
Нажмите **Trace** и выберите график. Нажмите **Meas** и выберите параметр.	Нажмите Instrument -> Trace -> Add Trace. Нажмите Response, Meas и выберите параметр.

Команды программирования

Линейные S-параметры

Для удобства в канале GCA доступны стандартные S-параметры. S11 и S21 измеряются при заданном уровне линейной входной мощности. S22 и S12 измеряются при заданном уровне обратной мощности.

Параметр	Описание	Когда измеряется
S11	Согласование на входе	Всегда
S21	Коэффициент усиления	Всегда
S22	Согласование на выходе	См. обратную мощность
S12	Развязка	См. обратную мощность

Параметры ADC

В канале GCA доступны четыре измерения аналого-цифровых преобразователей (ADC):

AI1 и AI2 измеряются при заданном уровне линейной входной мощности;

CompAI1 и CompAI2 измеряются в заданной точке компрессии.

Эти измерения цифровых преобразователей, наряду с редактором формул, позволяют

выполнять измерения коэффициента полезного действия суммирования мощности (PAE) при определенном уровне линейной входной мощности и в определенной точке компрессии.

Эти измерения производятся на контактах 7 и 8 соединителя ввода-вывода мощности VNA.

Параметры компрессии

Примечание. В следующей таблице принимается следующее: вход испытуемого устройства = порт 1 VNA и выход испытуемого устройства = порт 2 VNA.

Когда распределение портов отличается от указанного, параметры в GCA соответствующим образом обновляются. Например, когда вход = порт 2, а выход = порт 1, будет отображаться «CompIn12».

Исходные данные для этих параметров всегда измеряются.

Параметр	Описание
CompIn21	Входная мощность в точке компрессии.
CompOut21	Выходная мощность в точке компрессии.
CompGain21	Коэффициент усиления в точке компрессии.
CompS11	Согласование на входе в точке компрессии.
RefS21	Величина линейного усиления, используемая для вычисления уровня компрессии. Вычисление выполняется по-разному в зависимости от метода компрессии.
DeltaGain21	CompGain21 МИНУС линейное усиление (в формате логарифмической амплитуды). С помощью этого графика можно многое узнать о точке компрессии испытуемого устройства. Подробнее.

Методы компрессии

Ниже описаны предлагаемые в GCA методы нахождения точки компрессии усилителя.

Компрессия по линейному усилению

С использованием заданного уровня линейной (входной) мощности измеряется опорное усиление. Вычисляется целевое усиление: линейное усиление минус заданный уровень компрессии. Например: 8,3 дБ – 1 дБ = 7,3 дБ.

Компрессия по максимальному усилению

Линейная область усиления на усилителе не всегда идеально линейна. Максимальное значение усиления, обнаруженное на каждой частоте, используется как опорное усиление (S21). Целевое усиление определяется так же, как и при компрессии по линейному усилению.

Компрессия по насыщению

Этот метод используется для более эффективного нахождения точки компрессии при измерениях на усилителях с нелинейным усилением, как на следующем рисунке:

На каждой частоте определяется значение максимальной выходной мощности *. Затем входная мощность понижается, пока выходная мощность не уменьшится на значение, заданное параметром From Max Pout (По макс. выходной мощности). Это и будет точкой компрессии ^.

Методы потерь мощности и координат X/Y

Эти два метода компрессии очень похожи.

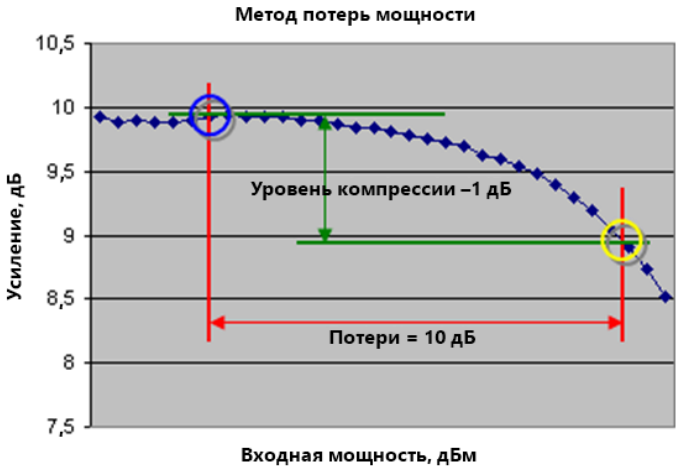
Оба метода предусматривают задание разницы во входной мощности (ось X) между линейной областью и точкой компрессии.

Для разницы по оси Y:

в методе потерь мощности задается уровень компрессии, который соответствует разнице в усилении; в методе координат X/Y задается значение дельты Y, которое соответствует разнице в выходной мощности.

GCA по-разному ищет эти точки для двухмерных разверток и SMART-развертки.

На следующих рисунках показано, как происходят вычисления при использовании методов потерь мощности и координат X/Y на ОДНОЙ частоте.



Точка компрессии (желтый кружок) находится там, где дополнительные 10 дБ входной мощности дают на 1 дБ меньше усиления, чем в опорной точке (синий кружок).

Режимы получения данных

В приложении GCA доступно три режима получения данных: два режима двухмерной развертки и SMART-развертка.

Чтобы просмотреть обычную развертку мощности на одной частоте, воспользуйтесь функцией анализа компрессии. Подробнее.

Двухмерные развертки (2D)

Это самый простой для понимания метод и при этом наименее эффективный в определении точки компрессии. Оба режима двухмерной развертки работают следующим образом.

Все измерения GCA начинаются с измерения S-параметров при заданном уровне линейной мощности. Обратные параметры измеряются ТОЛЬКО в том случае, если применяется полная двухпортовая калибровка или отображается обратный параметр. Подробнее о вариантах калибровки.

Затем выполняются измерения усиления при ВСЕХ заданных значениях частоты и мощности.

Хотя по существу это двухмерные развертки, во встроенном ПО строится одиночная развертка. См. ограничение на число точек данных.

После измерения данных выполняется поиск точки компрессии. Можно выбрать интерполяцию между двумя измеренными точками, ближайшими к целевому усилению. Подробнее.

Во время выполнения каждого цикла развертки рядом с индикатором Ch в левом нижнем углу экрана рисуются точки, показывающие ход выполнения текущей развертки.

Примечание. При выборе методов компрессии по потерям мощности и координатам X/Y GCA не проверяет заданный диапазон начальной и конечной мощности, который должен быть не меньше заданного значения потерь мощности или координаты X. Выводится всегда ближайшая точка компрессии.

Примечание. Режим запуска SMU Hardware List (Список оборудования SMU) НЕ поддерживается в двухмерных развертках GCA.

Режимы двухмерной развертки

2D Sweep Power per Frequency (Двухмерная развертка: мощность/частота) — **входная мощность**

поэтапно увеличивается с начальной до конечной при каждой заданной частоте. В следующем примере на устройство подается максимальный уровень мощности (p3) при первой частоте (f1). Это может привести к перегреву устройства на ранних этапах измерения и повлиять на результаты компрессии.

В следующих примерах показаны значения (частота, мощность) для трех точек частоты (f) и трех точек мощности (p), всего 9 измерений:

1	2	3	4	5	6	7	8	9
f1, p1	f1, p2	f1, p3	f2, p1	f2, p2	f2, p3	f3, p1	f3, p2	f3, p3

2D Sweep Frequency per Power (Двухмерная развертка: частота/мощность) — выполняется развертка частоты от начальной до конечной при каждом заданном уровне мощности, как показано далее:

1	2	3	4	5	6	7	8	9
f1, p1	f2, p1	f3, p1	f1, p2	f2, p2	f3, p2	f1, p3	f2, p3	f3, p3

Просмотр и сохранение двухмерных данных

Построить на экране VNA кривую по ВСЕМ данным двухмерного измерения НЕВОЗМОЖНО. Однако их можно сохранить в файл *.csv и затем открыть в электронной таблице Excel. Данные первоначального измерения S-параметров в этот файл не сохраняются. Подробнее.

Можно также просмотреть все сведения о развертке мощности VNA при выбранной частоте с помощью функции анализа компрессии.

SMART Sweep (SMART-развертка)

SMART-развертка — это обычно самый быстрый и точный способ измерить компрессию усиления. В отличие от двухмерных режимов получения данных, в которых измеряются все заданные точки частоты/мощности, при SMART-развертке выполняется ряд итераций для поиска мощности. На каждой частоте делается «разумное предположение» о входной мощности для нахождения уровня компрессии, не выходящего за допуски. Это предположение уточняется с каждым последующим циклом развертки (каждой итерацией) для поиска мощности.

SMART-развертка повторяется до тех пор, пока не будет выполнено одно из следующих условий.

ВСЕ точки данных находятся в пределах допусков. Когда уровень компрессии для точки данных окажется в пределах заданных допусков, ее измерение продолжится, а входная мощность будет меняться для улучшения результата измерения в пределах допусков.

Заданный уровень компрессии НЕ может быть достигнут для остающихся частот, выходящих за допуски. Либо начальная мощность слишком высокая, либо конечная мощность слишком низкая.

Достигнуто максимальное число итераций. Если измерение не даст значения усиления в пределах заданных допусков, прежде чем будет достигнуто заданное максимальное число итераций, то в качестве точки компрессии будет использоваться последнее показание мощности.

Счетчик итераций, точки и восклицательный знак (!)

Рядом с индикатором Ch в левом нижнем углу окна GCA появляется следующая подпись.

Счетчик итераций обновляется каждый раз, когда корректируется входная мощность.

Точка появляется, когда еще 10 % точек частоты оказываются в пределах допусков.

! (восклицательный знак) появляется после выполнения последней итерации. Каждый восклицательный знак отмечает 10 % точек данных ЗА ПРЕДЕЛАМИ допусков.

SMART-развертка и метод компрессии

Процедура разумного предположения по-разному работает при разных методах компрессии. Это важно, поскольку при методах потерь мощности и координат X/Y испытуемое устройство подвергается значительным изменениям входной мощности во время цикла развертки. Это может влиять на испытуемое устройство и результаты измерений.

Подробно о методах потерь мощности и координат X/Y.

ВСЕ измерения GCA начинаются с измерения S-параметров при заданном уровне линейной мощности. Обратные параметры измеряются ТОЛЬКО в том случае, если применяется полная двухпортовая калибровка или отображается обратный параметр. Подробнее о вариантах калибровки.

Потери мощности и XY. Поскольку оба этих метода компрессии устанавливают границу раздела между линейной областью и областью компрессии, при каждой итерации необходима одиночная развертка при **двух существенно** разных уровнях мощности в пределах одного и того же диапазона частот. В первой половине цикла развертки испытуемое устройство измеряется при уровне мощности **с потерями** или **X**. Во второй половине цикла развертки испытуемое устройство измеряется при уровне мощности с компрессией, задаваемом диапазоном начальной и конечной мощности. В начале второй половины уровень мощности поднимается на величину **потерь мощности** или **X**. На этом этапе применяется заданное время стабилизации, чтобы дать испытуемому устройству время отреагировать на это значительное изменение уровня мощности. Безопасная развертка **НЕ** уменьшает это изменение входной мощности. Вместе с тем режим безопасной развертки в сочетании с методами потерь мощности и координат XY все же предотвращает воздействие на испытуемое устройство слишком большой входной мощности.

Компрессия по линейному усилению. **После того как измерено опорное усиление при линейной входной мощности, следующая итерация предполагает измерение испытуемого устройства при более высоком уровне мощности и тем самым попытку получить компрессию на испытуемом устройстве. При последующих циклах развертки, в зависимости от уровня компрессии на испытуемом устройстве, мощность либо понижается, либо повышается с целью достижения желаемого уровня компрессии. Обычно к третьему циклу развертки в ход идет алгоритм подбора кривой, позволяющий точно определить точку компрессии.**

Примечание**.** Испытуемое устройство может подвергаться значительным изменениям мощности в ходе итераций развертки. Последствия можно минимизировать с помощью режима БЕЗОПАСНОЙ развертки и путем тщательного подбора соответствующих настроек.

Компрессия по максимальному усилению. **Зафиксированное на каждой частоте максимальное усиление сохраняется и используется для вычисления точки компрессии. При SMART-развертке НЕ выполняются дополнительные итерации для поиска максимального возможного усиления на усилителе на каждой частоте.**

Компрессия по насыщению. **Зафиксированная на каждой частоте максимальная выходная мощность сохраняется и используется для вычисления точки компрессии. При SMART-развертке НЕ выполняются дополнительные итерации для поиска максимальной возможной выходной мощности на усилителе на каждой частоте.**

Использование приложения Gain Compression

Далее описана общая процедура выполнения измерения GCA. Трудность при работе с GCA заключается в том, чтобы настроить такое измерение, которое даст истинные показатели компрессии именно ВАШЕГО ИСПЫТУЕМОГО УСТРОЙСТВА. Для этого необходимо иметь знания о компрессии усиления и испытуемом устройстве.

См. отдельные диалоговые окна ниже.

Отключите испытуемое устройство, если предустановленные или заданные по умолчанию уровни мощности могут повредить анализатор VNA или испытуемое устройство.

Предварительно настройте VNA или задайте подходящие пользовательские предварительные настройки, которые будут безопасны в случае подключения испытуемого устройства.

Создайте канал GCA Узнайте, как это сделать. График по умолчанию — S21.

Откройте диалоговое окно GCA Setup (Настройка GCA) и настройте параметры измерения, исходя из того, какое испытуемое устройство и какие переходы, аттенюаторы, входные усилители и элементы оснастки планируется использовать для измерения.

Сохраните состояние прибора (необязательно).

Подключите испытуемое устройство и подайте ток смещения и мощность ВЧ-сигнала, в зависимости от необходимости. Измерение по умолчанию для канала GCA — S21 (усиление на усилителе). Проверьте измерение усиления, чтобы убедиться в исправной работе испытуемого устройства.

Добавьте графики параметров компрессии GCA. Узнайте, как это сделать.

Отрегулируйте настройки измерения для получения удовлетворительных параметров компрессии. См. советы по измерению GCA.

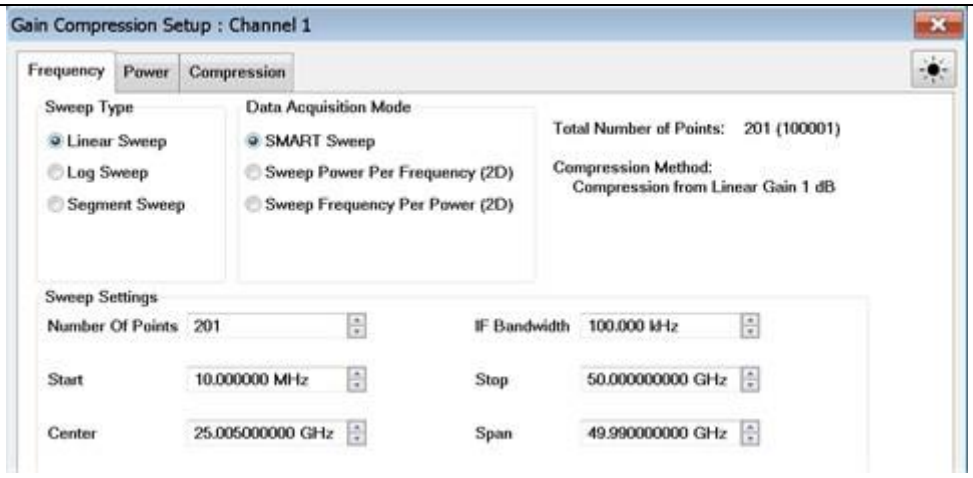
Запустите и выполните мастер калибровки GCA.

Порядок запуска диалогового окна Gain Compression Setup (Настройка Gain Compression).

С помощью аппаратной клавиши / *программной вкладки* / программной кнопки	С помощью мыши
Нажмите **Freq** > ***Main*** > **GCA Setup...**	Щелкните по Stimulus Выберите GCA Setup...

Команды программирования

Справка диалогового окна **Gain Compression — вкладка Frequency (Частота)**



Эта вкладка позволяет задать настройки частоты, при которых должна измеряться компрессия усиления, а также метод измерения.

Sweep Type (Тип развертки)

Выберите метод развертки частоты: Linear (Линейная), Log (Логарифмическая) или Segment (Сегментированная). Эта настройка применяется ко всем режимам получения данных.

Примечания.

Логарифмическая и сегментированная развертки НЕДОСТУПНЫ в GCX.

Развертка с непрерывной волной НЕДОСТУПНА в GCA. Однако можно воспользоваться функцией анализа компрессии, чтобы увидеть обычную развертку мощности на одной частоте.

Для использования режима развертки с непрерывной волной в GCX установите для всех диапазонов значение Fixed (Фиксированный) на вкладке Mixer Frequency (Частота смесителя). Можно получить такой же эффект, если для всех диапазонов установить конечную частоту, равную начальной.

Примечания о сегментированной развертке (ТОЛЬКО GCA)

Таблица сегментов, показанная в диалоговом окне, отображается в режиме «ТОЛЬКО ДЛЯ ЧТЕНИЯ». Узнайте о том, как создавать и изменять таблицы сегментированной развертки. Независимые параметры ширины полосы ПЧ и мощности НЕДОСТУПНЫ.

Расстояние между точками по оси X доступно начиная с версии A.09.10.

Data Acquisition Mode (Режим получения данных)

Эта настройка определяет, КАК будут собираться данные.

SMART Sweep (SMART-развертка)

На каждой частоте выполняется «интеллектуальная» регулировка входной мощности с целью обнаружения усиления, равного целевому усилению.

Это более быстрый и точный способ, чем двухмерные развертки, для измерения точки компрессии усиления на нескольких частотах.

ВСЕ сведения о SMART-развертке

Двухмерные развертки (2D)

Sweep Power per Frequency (Двухмерная развертка: мощность/частота): выполняется несколько циклов развертки мощности на каждой последовательной частоте.

Sweep Frequency per Power (Двухмерная развертка: частота/мощность): выполняется

несколько циклов развертки частоты при каждом последовательном уровне мощности.

ВСЕ сведения о двухмерных развертках

Sweep Settings (Настройки развертки)

Щелкните по каждой настройке, чтобы узнать больше.

Number of points (Число точек):число точек частоты, которые должны быть измерены. Число точек частоты может быть ограничено из-за количества заданных точек мощности. См. ограничение на число точек данных.

IF Bandwidth (Ширина полосы ПЧ): задайте это значение, чтобы получить приемлемый уровень шума на графике во время измерения усиления при уровне линейной мощности. Уровень шума напрямую влияет на точность точки компрессии. Небольшое значение (более узкая ширина полосы ПЧ) обеспечивает более точные, но и более медленные измерения. См. советы по измерениям GCA, чтобы узнать, как лучше всего настроить ширину полосы ПЧ.

Start/Stop, **Center/Span** (Начальная/конечная частоты, центральная частота/ширина полосы): задайте диапазон частот, в пределах которого будет измеряться компрессия усиления.

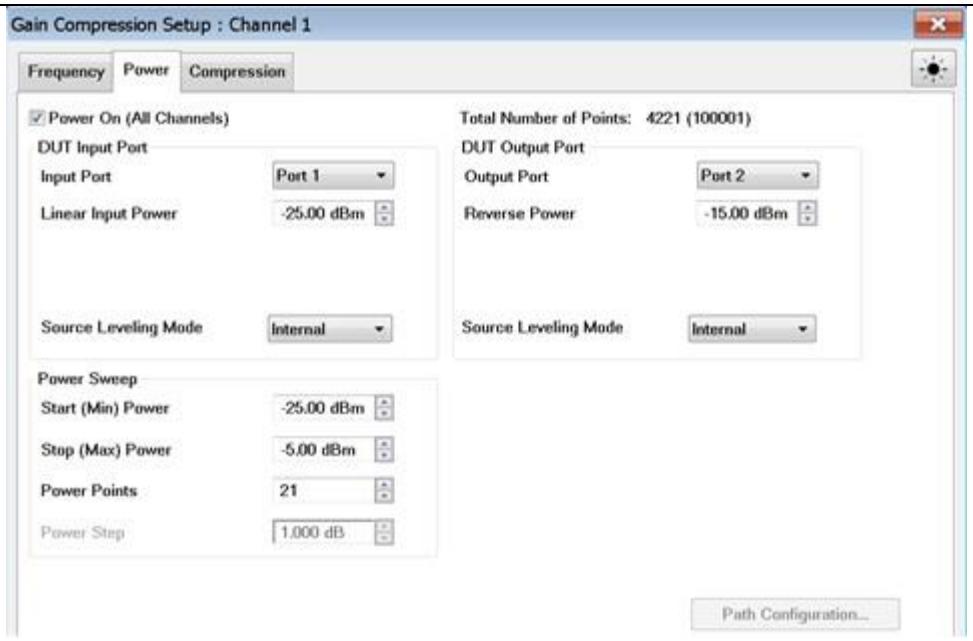
Ограничение на число точек данных

Максимальное количество точек данных измерения зависит от метода получения данных и метода компрессии, как описано ниже.

	SMART-развертка	Двухмерная развертка
Compression method (Метод компрессии)	Число точек частоты уменьшается, чтобы общее число точек данных не превысило заданного предела. Число точек частоты = макс. число точек / 2.	Число точек мощности уменьшается, чтобы общее число точек данных не превысило заданного предела.
Компрессия по линейному усилению	Число точек данных = число точек частоты Макс. число = 100 001	Число точек данных = (число точек частоты) * (число точек мощности) Макс. число точек мощности = 2001 Макс. число точек данных = 100 000
Компрессия по максимальному усилению	Число точек данных = число точек частоты Макс. число = 100 001	
Координаты X/Y и потери мощности	Число точек данных = 2 * число точек частоты Макс. число = 100 001	
Компрессия по насыщению	Число точек данных = число точек частоты Макс. число = 100 001	

Примечание. Хотя в диалоговом окне можно вводить любое число точек частоты или мощности, при нажатии кнопки OK или Apply (Применить) эти значения проверяются. Если лимит превышен, число таких точек данных уменьшается до максимально допустимого без предупреждения.

Справка диалогового окна **Gain Compression — вкладка Power (Мощность)**



Эта вкладка позволяет задать настройки мощности ВЧ-сигнала и развертки мощности для измерения компрессии усиления.

Power ON (All channels) (Питание включено — все каналы): поставьте флажок, чтобы включить питание ВЧ-тракта, или снимите флажок, чтобы выключить питание во всех каналах.

Input Port (Входной порт)

Выберите порт анализатора VNA, соединенный с входом испытуемого устройства.

Linear Power Level (Уровень линейной мощности): входная мощность, дающая линейное усиление на испытуемом устройстве. Линейное усиление используется в качестве опорного усиления при вычислении значения компрессии по линейному усилению. При этом уровне мощности также измеряется согласование на входе.

Source Attenuator (Аттенюатор источника): задайте настройку аттенюатора, связанного с портом, который соединен с входом испытуемого устройства. Этот аттенюатор влияет на диапазон мощности, подаваемой на испытуемое устройство. Подробнее об аттенюации источника.

Для всех каналов анализатора VNA, работающих с непрерывной разверткой, должна быть задана одинаковая настройка ослабления. Подробнее.

Receiver Attenuator (Аттенюатор приемника): задайте настройку аттенюатора для приемника, который связан с выходом испытуемого устройства. Когда мощность, подаваемая на измерительный порт приемника, равна примерно +10 дБм, на приемнике VNA возможна компрессия. Однако при аттенюации приемника более низкие уровни входной мощности могут приводить к излишнему шуму и снижать точность измерений мощности.

В этом случае уменьшите ширину полосы ПЧ для снижения уровня шума. (Это относится только к PNA и M9485A.)

Source Leveling (Выравнивание источника): укажите режим выравнивания. Выберите режим Internal (Внутренний) или Receiver R1 (Приемник R1). Узнайте о том, как настроить выравнивание приемника. Режим разомкнутого контура должен использоваться только при выполнении широкополосных импульсных измерений.

Output Port (Выходной порт)

Выберите порт VNA, соединенный с выходом испытуемого устройства.

Reverse Output Power (Обратная выходная мощность): задайте уровень мощности, подаваемой на выход испытуемого устройства, для обратных ходов развертки. Мощность порта автоматически делается несвязанной.

Обратная мощность применяется к испытуемому устройству ТОЛЬКО при описанных ниже условиях. В противном случае эта настройка игнорируется.

Когда запрашиваются параметры линейного согласования на выходе или линейной развязки.

Когда используется полная двухпортовая коррекция. Чтобы избежать применения обратной мощности к испытуемому устройству, можно выполнить полную двухпортовую калибровку и перейти на расширенную калибровку по АЧХ. Подробнее.

Source Attenuator (Аттенюатор источника): задайте настройку аттенюатора для порта, который соединен с выходом испытуемого устройства. Эта настройка влияет на диапазон доступной

мощности на выходном порте испытуемого устройства.

Receiver Attenuator (Аттенюатор приемника): задайте настройку аттенюатора для приемника, связанного с выходным портом испытуемого устройства. (Это относится только к PNA и M9485A.)

Source Leveling (Выравнивание источника): укажите режим выравнивания. Выберите один из вариантов: Internal (Внутренний) (обычный режим работы) или Open Loop (Разомкнутый контур) (используется только для широкополосных импульсных измерений).

Power Sweep (Развертка мощности)

Power Points (Точки мощности): число измеряемых точек мощности в двухмерных режимах получения данных. Число точек мощности может быть ограничено из-за количества заданных точек данных частоты. См. ограничение на число точек данных. Этот параметр НЕДОСТУПЕН в режиме SMART-развертки, в котором используется только необходимое для обнаружения заданного уровня компрессии число точек мощности.

Start Power (Начальная мощность) и **Stop Power** (Конечная мощность)

2D sweep (Двухмерная развертка): при использовании методов потерь мощности, координат X/Y и компрессии по максимальному усилению эти параметры задают диапазон мощности, подаваемой на испытуемое устройство для определения КАК опорного усиления, ТАК И точки компрессии. Убедитесь, что этот диапазон достаточно широк, чтобы включать и то и другое. Например, если уровень потерь мощности равен 10 дБ, то диапазон мощности должен быть больше 10 дБ. В противном случае GCA будет использовать ближайшие значения опорного усиления и точки компрессии для определения значения компрессии, которое в результате может оказаться неточным. При использовании метода компрессии по линейному усилению опорное усиление измеряется при уровне линейной мощности, поэтому уровни начальной и конечной мощности используются для нахождения точки компрессии.

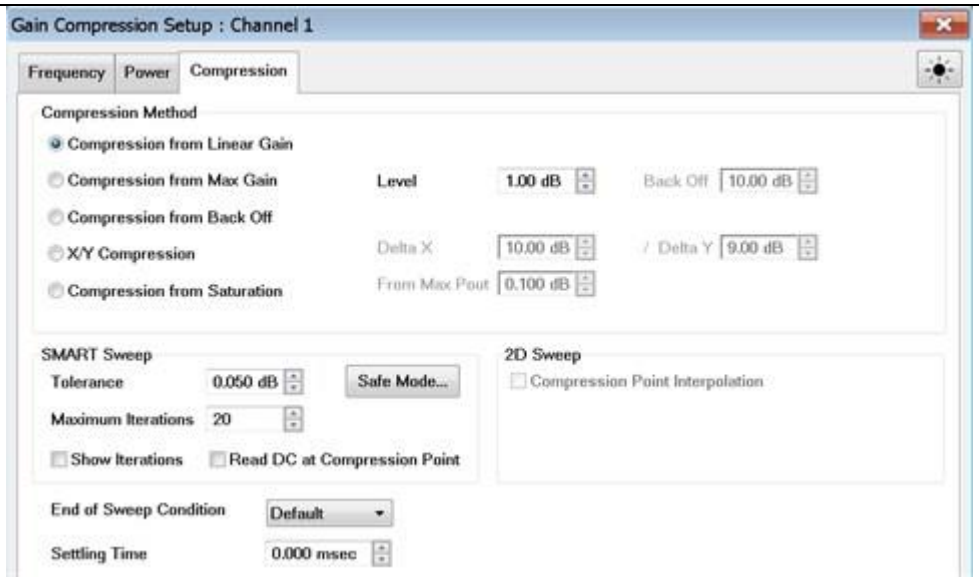
SMART sweep (SMART-развертка): задайте диапазон мощности, в котором GCA будет искать точку компрессии. Опорное усиление определяется с помощью значений уровня линейной мощности, потерь мощности и координаты X, в зависимости от выбранного метода компрессии. В целях сокращения количества итераций, необходимых для обнаружения точки компрессии, ограничьте диапазон начальной и конечной мощности теми уровнями входной мощности, которые приведут к компрессии. Не включайте линейную область.

Примечание. Если испытуемому устройству необходимо больше входной мощности для достижения компрессии при частоте ниже 3,2 ГГц, воспользуйтесь режимом VNA-X Hi-power (Высокая мощность) с помощью диалогового окна RF Path Configuration (Конфигурация ВЧ-тракта). Однако данное решение имеет недостаток, заключающийся в повышенном содержании гармоник.

Power Step (Шаг или размер приращения мощности): значение, вычисляемое по текущим настройкам начальной мощности, конечной мощности и числа точек измерения мощности. Данная настройка НЕ допускает прямого изменения.

Path Configuration (Конфигурация тракта): нажмите, чтобы открыть диалоговое окно RF Path Configuration (Настройка конфигурации ВЧ-тракта).

Справка диалогового окна **Gain Compression — вкладка Compression (Компрессия)**



Compression Method (Метод компрессии)

ВСЕ сведения об этих методах компрессии

Compression from Linear Gain (Компрессия по линейному усилению): заданный уровень компрессии измеряется на основе линейного усиления. Линейное усиление измеряется с использованием уровня линейной мощности, который задается на вкладке Power (Мощность).

Compression from Max Gain (Компрессия по максимальному усилению): заданный уровень компрессии измеряется на основе уровня максимального усиления. В режиме SMART-развертки значение максимального усиления обновляется при каждой итерации. Для повышения вероятности получить при измерениях фактическое значение максимального усиления на усилителе следует активировать режим безопасной развертки с использованием небольших значений грубого и тонкого приращения.

Compression from Back Off (Компрессия по потерям мощности): при этом методе компрессии для определения точки компрессии используются значения уровня компрессии и потерь мощности.

X/Y Compression (Компрессия по координатам X/Y): при этом методе компрессии для определения точки компрессии в качестве критерия используются заданные параметры (X и Y).

Compression from Saturation (Компрессия по насыщению): этот метод похож на метод компрессии по максимальному усилению, за исключением того, что заданный уровень компрессии измеряется по уровню максимальной выходной мощности. Используйте этот метод для более точного определения точки компрессии при измерении усилителей с немонотонным усилением. В режиме SMART-развертки значение максимальной выходной мощности обновляется при каждой итерации. Для повышения вероятности получить при измерениях фактическое значение максимальной выходной мощности на усилителе следует активировать режим безопасной развертки с использованием небольших значений грубого и тонкого приращения.

SMART Sweep (SMART-развертка)

ВСЕ сведения о SMART-развертке.

Tolerance (Допуск): задайте приемлемый диапазон для измерений уровня компрессии. Уменьшение этого значения может существенно увеличить число итераций, необходимых для обнаружения точки компрессии.

Maximum Iterations (Максимальное число итераций): задайте максимально разрешенное число итераций SMART-развертки для поиска мощности. Уменьшение этого значения может привести к тому, что SMART-развертка завершится раньше, чем все обнаруженные уровни компрессии окажутся в пределах заданного допуска.

Show Iterations (Показывать итерации): когда поставлен этот флажок, графики параметров компрессии обновляются по завершении каждой итерации поиска мощности. Когда он снят, графики параметров компрессии обновятся после того, как SMART-развертка завершит итерационный процесс поиска мощности.

Read DC at Compression Point (Измерять постоянный ток в точке компрессии): когда поставлен этот флажок, показания постоянного тока фиксируются только в точке компрессии во время последней итерации SMART-развертки. По умолчанию графики постоянного тока считываются в каждой точке развертки. В некоторых случаях пользователь может выбрать считывание показаний измерителя постоянного тока только в точке компрессии, чтобы увеличить скорость измерения.

2D Sweep (Двухмерная развертка) — Compression Point Interpolation (Интерполяция точки компрессии)

Когда выбрана двухмерная развертка (на вкладке Frequency (Частота)), поставьте этот флажок для вычисления и отображения интерполированных графиков компрессии.

Целевое усиление вычисляется с использованием сложного линейного отношения между двумя ближайшими значениями, полученными при измерении. Затем все параметры компрессии интерполируются с использованием того же соотношения.

Снимите этот флажок, чтобы отображались параметры компрессии для ближайшей точки компрессии выше или ниже, до уровня, заданного настройкой Compression Method (Метод компрессии).

End of Sweep Condition (Условие при окончании развертки): укажите уровень мощности, подаваемой на испытуемое устройство при завершении измерения GCA.

В процессе измерения GCA выполняет множество циклов развертки мощности и частоты на испытуемом устройстве. Эта настройка не влияет на эти промежуточные циклы развертки. Она применяется только в конце самого последнего цикла развертки в канале GCA.

Кроме того, она применяется ТОЛЬКО в канале GCA. Все остальные каналы работают независимо от этой настройки. Следовательно, мощность, подаваемая на испытуемое устройство после того, как измерены все каналы, может отличаться от мощности, заданной этим параметром.

Выберите один из вариантов:

Default (По умолчанию): используется метод VNA по умолчанию.

RF OFF (ВЧ-сигнал выкл.): подача мощности ВЧ-сигнала отключается, когда GCA завершает цикл измерения.

Start Power (Начальная мощность): мощность ВЧ-сигнала устанавливается на значение начальной мощности.

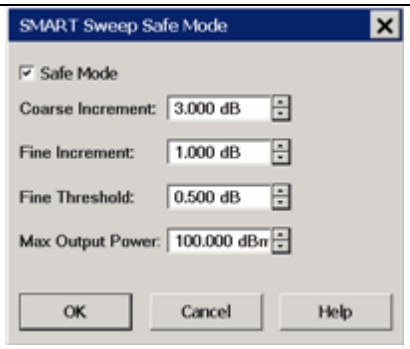
Stop Power (Конечная мощность): мощность ВЧ-сигнала остается на значении конечной мощности.

Settling Time (Время стабилизации)

Используется ТОЛЬКО в режиме SMART-развертки, когда выбраны алгоритмы компрессии по потерям мощности или координатам X/Y.

Этот параметр добавляет время ожидания, когда уровень потерь входной мощности меняется на уровень компрессии. Подробнее.

Справка диалогового окна **Safe Sweep Mode (Режим безопасной развертки)**



Оно используется ТОЛЬКО в режиме SMART-развертки.

Когда режим безопасной развертки включен, подаваемая на испытуемое устройство входная мощность увеличивается на заданную величину, что позволяет достичь точки компрессии постепенно. Это увеличивает число итераций, необходимых для достижения компрессии, но при этом снижает вероятность слишком долгой компрессии на испытуемом устройстве.

Примечание. Режим безопасной развертки NOT уменьшает резкое изменение входной мощности при использовании методов потерь мощности и координат X/Y. Вместе с тем режим безопасной развертки в сочетании с методами потерь мощности и координат XY все же предотвращает воздействие на испытуемое устройство слишком большой входной мощности. Подробнее.

Safe Mode (Безопасный режим) (активация): поставьте этот флажок, чтобы активировать режим безопасной развертки.

Coarse Increment (Грубое приращение): укажите максимальное изменение входной мощности (повышение или понижение), которое будет применяться на испытуемом устройстве при переходе от одной итерации к другой. Значение по умолчанию — 3,0 дБ.

Вне режима безопасной развертки максимальное изменение входной мощности может быть равно всему значению потерь мощности или координаты X, если используются эти методы компрессии.

Fine Increment (Тонкое приращение): как только достигается порог тонкого приращения, это значение становится максимальным изменением входной мощности (повышением или понижением), которое произойдет на испытуемом устройстве. Значение по умолчанию — 1,00 дБ.

Fine Threshold (Порог тонкого приращения): задайте уровень компрессии, при котором безопасная развертка переходит от ГРУБОГО приращения к ТОНКОМУ. Значение по умолчанию — 0,5 дБ. Это означает, что по умолчанию VNA использует регулировку с тонким приращением при достижении компрессии в 0,5 дБ.

Max Output Power (Максимальная выходная мощность): в целях защиты VNA от повреждений, когда на порте VNA, с которым соединен выход испытуемого устройства, измерением регистрируется указанное значение, входная мощность, подаваемая на испытуемое устройство, на этой частоте больше не наращивается. В таких случаях есть вероятность, что точка компрессии не будет достигнута.

Анализ компрессии

Функция анализа компрессии меняет текущий график на график развертки мощности при заданной частоте непрерывных колебаний. Текущее значение параметра и метод получения данных не меняются. Допустим, у вас отображается график CompGain21 и выбран режим SMART-развертки, и вы хотите включить анализ компрессии.

Отображаемый график сменится графиком развертки мощности при заданной частоте непрерывных колебаний. На оси Y будет показано усиление S21 в каждой точке мощности,

расположенной на оси X.

При использовании режима SMART-развертки полная развертка мощности не выполняется, а получаются только точки данных, необходимые для нахождения точки компрессии. Чтобы увидеть традиционную развертку компрессии по входной мощности относительно выходной мощности, воспользуйтесь двухмерными методами получения данных.

Можно создавать маркеры PNOP или PSAT на графике CompOut, когда включен режим анализа компрессии. Подробнее.

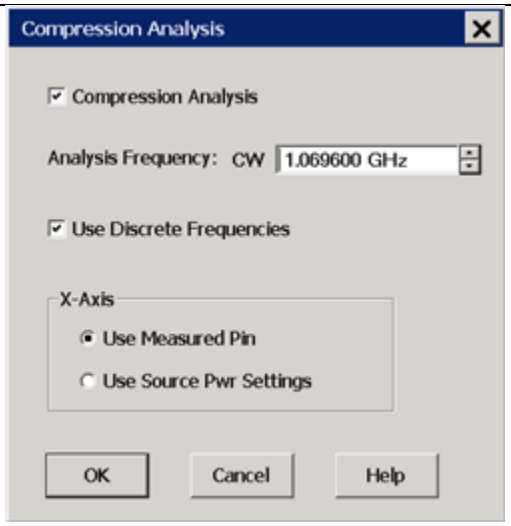
Порядок выполнения анализа компрессии

Во врем отображения на дисплее любого параметра компрессии (например, CompGainS21):

С помощью аппаратной клавиши / *программной вкладки* / программной кнопки	С помощью мыши
Нажмите **Math** > ***Analysis*** > **Compression Analysis...**	Нажмите Response. Выберите Math. Выберите Compression Analysis.

Команды программирования

Справка диалогового окна **Compression Analysis (Анализ компрессии)**



Примечания. Когда активны графики S21 или S11, должен также отображаться какой-либо из параметров компрессии (например, CompGainS21).

Анализ компрессии НЕ допускается для графиков S12 и S22.

Прокрутите вверх, чтобы узнать больше об анализе компрессии.

Analysis Frequency: CW (Частота анализа: непрерывные колебания): **введите частоту, которая будет использоваться для графика анализа компрессии**.
Compression Analysis (Анализ компрессии): поставьте этот флажок, чтобы выполнить анализ компрессии. График компрессии будет отображаться при частоте (непрерывных колебаний) анализа.

Use Discrete Frequencies (Использовать дискретные частоты): поставьте этот флажок, чтобы использовались частоты анализа только в дискретных точках, в которых производятся измерения. Снимите этот флажок, чтобы разрешить использование частот непрерывных колебаний анализа, интерполированных по точкам данных. Затем выберите ЛЮБУЮ частоту непрерывных колебаний между начальной и конечной частотами канала GCA.

X-Axis (Ось X)

Use Measured Pin (Использовать измерение на штекере): на оси X отображается фактическая мощность, подаваемая на испытуемое устройство, после коррекции согласования и коррекции дрейфа канала R.

Use Source Pwr Settings (Использовать настройки мощности источника): на оси X отображается уровень мощности входного испытательного сигнала.

Сохранение данных GCA

Начиная с версии VNA A.08.20, данные GCA можно сохранять в файл *.csv как в режиме двухмерной развертки, так и в режиме SMART-развертки (раньше это было возможно только в двухмерных режимах). Кроме того, к этим данным добавлены столбцы Delta Gain (Дельта усиления), AI1 и AI2. Узнать о параметрах ADC.

Порядок сохранения данных GCA

Когда активен график компрессии GCA:

С помощью аппаратной клавиши / *программной вкладки* / программной кнопки	С помощью мыши
Нажмите **Save Recall** > ***Save Other*** > **Save Data...** Тип файла = значения, разделенные запятыми (формат *.csv).	Щелкните по File Выберите Save Data. Тип файла = значения, разделенные запятыми (формат *.csv).

Команды программирования

Примечания.

Данные этого формата можно открывать с помощью программ для работы с электронными таблицами, таких как Microsoft Excel. В указанный файл *.csv сохраняются данные последней завершенной развертки.

Если во время сохранения файла включена калибровка, то все данные будут откалиброваны. В противном случае сохраняются исходные данные.

Все сохраняемые в файле *.csv данные включают данные контрольной развертки уровня мощности, которые предваряют данные по каждой частоте.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	!Agilent Technologies,N5242A,US46290053,Z.08.04.12										
2	!Date: Thursday, April, 10, 2008 14:15:28										
3											
4	Calibration State:OFF*										
5	Num Freq	3									
6	Num Iterat	5									
7											
8	Frequency	S11		Pin Data		Pout Data		S21		Delta Gain	
9	<Hz>	<LogMag (	<Phase (D	<LogMag (	<Phase (D	<LogMag (	<Phase (D	<LogMag (	<Phase (D	<LogMag (	<Phase (D
10	4.00E+09	-4.6375	152.421	-25	0	-17.2892	-34.3579	7.71076	-34.3579	4.44E-16	1.52E-15
11	4.00E+09	-4.6154	152.473	-19.7657	-132.092	-12.0009	-166.651	7.76485	-34.5593	0.054092	-0.20141
12	4.00E+09	-4.61091	152.572	-16.7746	-54.5945	-8.99388	-88.9208	7.78073	-34.3263	0.069968	0.031649
13	4.00E+09	-4.6083	152.424	-13.7818	160.191	-6.00358	125.667	7.77822	-34.5231	0.067459	-0.16519
14	4.00E+09	-4.59279	152.327	-10.7716	152.283	-3.00766	117.78	7.76391	-34.5024	0.053151	-0.14452
15	4.25E+09	-5.43633	-125.845	-25	0	-15.7527	4.97897	9.24726	4.97897	0	4.20E-16
16	4.25E+09	-5.46401	-125.925	-19.979	-118.327	-10.727	-113.371	9.252	4.95641	0.004746	-0.02256
17	4.25E+09	-5.45105	-125.983	-16.978	-141.044	-7.71819	-136.062	9.25981	4.98213	0.012559	0.003156
18	4.25E+09	-5.47133	-126.249	-13.9561	80.5926	-4.7118	85.3736	9.24425	4.78099	-0.003	-0.19798
19	4.25E+09	-5.46864	-126.271	-10.9578	-68.4214	-1.74774	-63.6055	9.2101	4.81595	-0.03716	-0.16302
20	4.50E+09	-6.37248	-34.7728	-25	0	-14.521	52.0538	10.4789	52.0538	-8.88E-16	9.26E-16
21	4.50E+09	-6.377	-35.0287	-20.0535	-142.773	-9.58433	-90.7553	10.4691	52.0174	-0.00982	-0.03642
22	4.50E+09	-6.349	-34.9226	-17.0636	-165.799	-6.56493	-113.678	10.4987	52.1201	0.019756	0.066347
23	4.50E+09	-6.36875	-35.0064	-14.055	55.4364	-3.57836	107.509	10.4766	52.073	-0.00234	0.019178
24	4.50E+09	-6.36475	-34.91	-11.0519	-94.0431	-0.59745	-41.9732	10.4545	52.0699	-0.02445	0.016094

Данные SMART-развертки с 5 итерациями и 3 точками частоты. Желтое выделение добавлено здесь для удобства чтения.

Сохранение и вызов двухмерных данных

Когда линейная входная мощность РАВНА начальной мощности, выполняется равенство: количество точек данных (строк) / частота = количество точек мощности.

Когда линейная входная мощность НЕ РАВНА начальной мощности, выполняется равенство: количество точек данных (строк) / частота = количество точек мощности + 1.

Эти параметры можно выбрать в диалоговом окне вкладки Power (Мощность) GCA/GCX.

Советы по выполнению измерений GCA

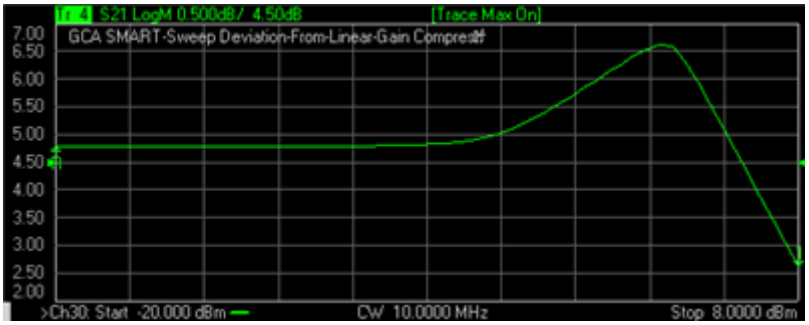
В приложении Gain Compression много настроек. Далее приводятся некоторые советы по использованию GCA, которые помогут узнать как можно больше о характеристиках компрессии на испытуемом устройстве наиболее эффективным способом.

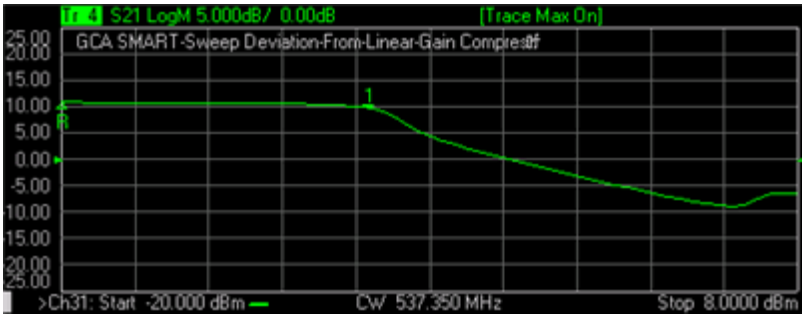
Характеристики компрессии на испытуемом устройстве и GCA

Хотя GCA обеспечивает отличные результаты измерений на самых разных усилителях, лучше всего это приложение работает с усилителями, имеющими монотонную кривую компрессии. В некоторых случаях, когда кривая компрессии не монотонна, например если усиление на усилителе увеличивается до того, как происходит компрессия, уровень компрессии может быть не определен правильно.

Чтобы повысить вероятность нахождения правильной точки компрессии в режиме SMART-развертки, ограничьте уровни начальной и конечной мощности областью вокруг предполагаемой точки компрессии. Подробнее.

Следующие два графика развертки мощности служат примерами немонотонного усиления.





DeltaGain

График DeltaGain (Дельта усиления) представляет собой лучший способ увидеть, насколько близки фактические результаты измерений GCA к желаемому уровню компрессии. Кроме того, можно просмотреть фазу DeltaGain, чтобы оценить отклонение фазы между усилением с компрессией и опорным усилением. Дельта усиления вычисляется следующим образом.

Дельта усиления = измеренное усиление (ватты) / опорное усиление (ватты)

В формате логарифмической амплитуды: Дельта усиления = (измеренное усиление) – (опорное усиление)

В режиме SMART-развертки дельта усиления (в формате логарифмической амплитуды) показывает, как скоро определенные частоты достигнут заданного допуска. Подробнее.

Другие полезные настройки:

Trigger source: Manual (Источник сигнала запуска: вручную): можно анализировать данные и вносить корректировки, при этом давая устройству время охладиться;

Construct Limit Lines (Построить предельные линии): предельные линии вокруг точки компрессии на уровнях границ допуска.

На следующем рисунке показан график DeltaGain21, отображаемый при использовании режима SMART-развертки. Предельные линии были добавлены вручную.

На рисунке выше:

Соответствующие настройки	Method (Метод) = Compression From Linear Gain (Компрессия по линейному усилению) Compression level (Уровень компрессии) = 1 Iteration Tolerance (Допуск итераций) = 0,05 дБ Maximum Iterations (Максимальное число итераций) = 10
Отображаемые результаты	Точка данных на отметке -1.00 указывает на то, что на этой частоте было измерено точное значение уровня компрессии (1 дБ). На нескольких частотах не было соблюдено заданное значение допуска (0,05 дБ), прежде чем было достигнуто максимальное число итераций (10). Слово FAIL (СБОЙ) и красные точки данных, выходящие за предельные линии. Девять точек (....) указывают на то, что в 90 % точек данных заданный уровень компрессии был достигнут. Один восклицательный знак (!) указывает на то, что в 10 % точек данных компрессия не была достигнута. Подробнее о счетчике итераций и подписи.

Советы по использованию SMART-развертки

Компрессия по линейному усилению — наиболее простой для понимания и управления метод компрессии в режиме SMART-развертки. Подробнее.

Если для SMART-развертки требуется больше двадцати итераций, это свидетельствует о неправильных настройках. Попробуйте изменить настройку допуска, диапазон частот, диапазон начальной и конечной мощности, ширину полосы ПЧ или время ожидания.

Если число итераций, необходимое для достижения желаемого уровня компрессии, существенно меняется от одной серии измерений к другой, это может объясняться влиянием других факторов, например перегревом. Попробуйте увеличить время ожидания или использовать конфигурацию широкополосного импульсного измерения.

Если испытуемое устройство не должно чрезмерно перегружаться компрессией или если необходимо ограничить изменения входной мощности, используйте режим безопасной развертки с методом компрессии по отклонению от линейного усиления.

Одночастотные макросы

Примечание. Начиная с версии VNA A.09.00, функция анализа компрессии предоставляет более простой способ просмотра традиционной развертки мощности на одной частоте по сравнению с макросами GCA. Тем не менее макросы все еще остаются на жестком диске VNA.

Макрос выполняет одиночную развертку мощности на испытуемом устройстве с использованием стандартного канала при соответствующих настройках входного испытательного сигнала. Затем

макрос отображает различия в измерениях на графиках анализа компрессии вследствие смещения, тепловых эффектов или стабилизации испытуемого устройства. Таким образом, макрос помогает подтвердить, что испытуемое устройство демонстрирует определенный режим стабилизации, который необходимо будет учитывать.

Кроме того, макрос — это прекрасный пример программирования GCA.

При двухмерной развертке (но НЕ SMART-развертке) хранящийся на жестком диске VNA скрипт автоматически создает традиционное измерение с разверткой мощности в стандартном канале с использованием тех же настроек входного испытательного сигнала, что и в канале GCA. Используйте маркер в канале GCA, чтобы задать частоту для измерения.

У скрипта есть два режима работы:

View Mode (Режим просмотра): отображаются все данные предыдущей двухмерной развертки на этой частоте;

Measure Mode (Режим измерения): выполняется новое измерение на этой частоте.

В обоих режимах создается новый канал S-параметров с использованием тех же настроек входного испытательного сигнала, что и в канале GCA, включая мощность на портах, аттенюатор, ширину полосы ПЧ и время ожидания. Этот новый канал не поддерживает калибровку или импульсные характеристики.

Чтобы увидеть шум при измерении, используйте макрос Measure в непрерывной развертке. Отрегулируйте настройки ширины полосы ПЧ и усреднения так, чтобы соотношение шума и скорости развертки соответствовало вашим потребностям.

Чтобы увидеть другие эффекты на испытуемом устройстве при определенной частоте, используйте макросы View и Measure с режимом двухмерной развертки. Оба макроса представляют данные с использованием стандартного канала. Макрос View показывает двухмерные данные при определенной частоте, а макрос Measure — данные измерения, только что выполненного при той же частоте. В идеале и те и другие данные должны быть идентичны. Однако изменения в работе испытуемого устройства вследствие нагрева или других факторов могут привести к тому, что эти данные будут различаться. Если наблюдаются существенные различия, попробуйте:

использовать настройку двухмерной развертки Frequency per Power вместо настройки Power per Frequency;

отрегулировать время ожидания;

отрегулировать ширину полосы ПЧ;

использовать конфигурацию широкополосного импульсного измерения.

Порядок настройки макросов

Каждый макрос необходимо настраивать отдельно.

Нажмите **Macro** > ***Key Setup*** > **Macro Setup...** Выделите пустую строку и нажмите Edit.
В поле Macro Title (Название макроса) введите краткое описание, например «Meas GCA» или «View GCA».

Нажмите Browse (Обзор) и найдите файл по этому пути: C:/Program Files/Keysight/Network Analyzer/Applications/GCA/GCA.vbs

В поле Macro run string parameters (Параметры строки запуска макроса):

введите M для макроса Measure или V для макроса View.

Дополнительно: добавьте следующие параметры в любом порядке.

Чтобы запустить программу с удаленного компьютера, укажите полное имя

компьютера VNA.

Канал, в котором должно быть создано измерение. Если он не указан, макрос Measure создается в канале Ch30, а макрос View — в канале Ch31.

Пример. Параметры строки запуска макроса Measure с удаленного компьютера в канале 5.---- M MyVNA 5.

Нажмите OK.

Порядок запуска макросов

В канале GCA:

Создайте двухмерную развертку. Либо с настройкой Power per Freq (Мощность/частота), либо с настройкой Freq per Power (Частота/мощность). Оба макроса всегда создают развертку мощности на выбранной частоте.

Создайте график CompIn.

На графике CompIn щелкните правой кнопкой мыши и выберите Add Marker (Добавить маркер). Перетащите маркер на желаемую частоту.

Нажмите Macro, затем выберите один из макросов по краткому описанию, введенному на шаге 3.

Приложение Gain Compression for Converters

Измерения компрессии усиления выполняются на преобразователях так же, как и на усилителях. Кроме того, настройка смесителя/преобразователя в этом приложении аналогична настройке в приложении SMC (Scalar Mixer Converter).

В данной теме (сведения, относящиеся только к GCX):

- Требования и ограничения
- Использование GCX
- Создание измерения GCX
- Действительные сочетания конфигурации смесителя и типов развертки
- Параметры измерения, доступные в GCX
- Калибровка GCX

Следующие вкладки диалоговых окон настройки также используются в других приложениях:

- Вкладка Mixer Frequency (отдельная тема)
- Вкладка Mixer Setup (отдельная тема)
- Вкладка Mixer (LO) Power (отдельная тема)

Другие темы, связанные с приложениями

Требования и ограничения

Для использования GCX требуется опция S93086A (Gain Compression) и FCA (либо опция S93082A, либо опция S93083A).

Ограничения

Предельное количество точек — 100 001 точка для получения двухмерных данных, 50 000 точек для SMART-развертки.

ТОЛЬКО линейная развертка и развертка с непрерывной волной; развертка мощности, логарифмическая и сегментированная развертки недоступны.

GCX НЕ содержит встроенных средств подавления помех от зеркального канала. Если это необходимо, вы должны обеспечить наличие оборудования для подавления зеркального канала.

Только режим пошаговой развертки.

Узкополосные импульсные измерения с помощью встроенных диалоговых окон настройки импульса НЕ поддерживаются.

Следующие функциональные возможности анализатора VNA НЕДОСТУПНЫ при использовании приложения Gain Compression с преобразователями:

- Определение пользовательских характеристик ECal
- Временная область
- Сбалансированные измерения
- Сохранение данных форматируемых файлов Citifile Сохранение данных SnP
- Управление интерфейсом

Расширения портов

Некоторые функциональные возможности по удалению влияния измерительной оснастки

Управление внешним измерительным блоком (опция S93551A)

Встроенное приложение узкополосных измерений или узкополосных импульсных измерений

Независимые параметры IFBW (Ширина полосы ПЧ), Power Levels (Уровни мощности) или Sweep Time (Время развертки) в таблице сегментов НЕ поддерживаются.

Использование GCX

Далее описана общая процедура выполнения измерения GCX. Трудность при работе с GCX заключается в том, чтобы настроить такое измерение, которое даст истинные показатели компрессии именно ВАШЕГО ИСПЫТУЕМОГО УСТРОЙСТВА. Для этого необходимо иметь знания о настройках компрессии усиления и смесителях, а также об испытуемом устройстве.

См. подробные сведения в описаниях отдельных диалоговых окон ниже.

Отключите испытуемое устройство, если предустановленные или заданные по умолчанию уровни мощности могут повредить анализатор VNA или испытуемое устройство.

Предварительно настройте VNA или задайте подходящие пользовательские предварительные настройки, которые будут безопасны в случае подключения испытуемого устройства.

Создайте канал GCX. График по умолчанию — SC21.

Откройте диалоговое окно GCX Setup (Настройка GCX) и настройте параметры измерения, исходя из того, какое испытуемое устройство и какие переходы, аттенюаторы, входные усилители и элементы оснастки планируется использовать для измерения. Чтобы открыть это диалоговое окно, нажмите Stimulus -> Frequency -> GCX Setup.

Сохраните состояние прибора (необязательно).

Подключите испытуемое устройство. Проверьте измерение, чтобы убедиться в исправной работе испытуемого устройства.

Добавьте графики параметров компрессии и смесителя GCX.

Отрегулируйте настройки измерения для получения удовлетворительных результатов компрессии.

Запустите и выполните мастер калибровки GCX.

Создание измерения GCX

Нажмите **Meas** > ***S-Param*** > **Meas Class...**

Выберите Gain Compression Converters, а затем нажмите:

либо OK, чтобы удалить существующее измерение;

либо New Channel, чтобы создать измерение в новом канале.

Отобразится измерение SC21, выбранное по умолчанию. Чтобы выбрать дополнительные параметры для отображения, нажмите **Trace** и выберите график, затем нажмите **Meas** и выберите параметр.

Порядок запуска диалогового окна Gain Compression for Converters Setup (Настройка Gain Compression for Converters)

С помощью аппаратной клавиши / *программной вкладки* / программной кнопки	С помощью мыши
Нажмите **Freq** > ***Main*** > **GCX Setup...**	Щелкните по Stimulus Выберите GCX Setup...

Команды программирования

Действительные сочетания конфигурации смесителя и типа развертки

В следующей таблице перечислены действительные сочетания типа развертки и конфигурации смесителя:

Тип развертки	Входной сигнал	Гетеродин	Выходной сигнал
Линейная	**Со свипированием**	**Фиксированный**	**Со свипированием**
	Со свипированием	**Со свипированием**	**Фиксированный**
С непрерывной волной	**Фиксированный**	**Фиксированный**	**Фиксированный**
	Фиксированный	**Со свипированием**	**Со свипированием**

Для целей определения допустимой конфигурации смесителя с 2 гетеродинами один фиксированный гетеродин и один со свипированием равнозначны одноступенчатому гетеродину со свипированием.

Если будет создано недопустимое сочетание типа развертки и конфигурации смесителя, появится выделенное красным цветом сообщение, как показано ниже:

ERROR: Input range must be swept in Linear sweep mode

В этом случае измените тип развертки на вкладке Frequency (Частота).

Параметры измерения GCX

Примечание. В следующей таблице принимается следующее: вход испытуемого устройства = порт 1 VNA и выход испытуемого устройства = порт 2 VNA.

Когда распределение портов отличается от указанного, параметры в GCX соответствующим образом обновляются. Например, когда вход = порт 2, а выход = порт 1, будет отображаться «CompIn12».

Параметр	Описание
Параметры смесителя	
SC21	Усиление при линейном преобразовании
SC12	Усиление при обратном преобразовании
S11	Согласование на входе
S22	Согласование на выходе
Параметры компрессии	
CompIn21	Входная мощность в точке компрессии.
CompOut21	Выходная мощность в точке компрессии.
CompGain21	Коэффициент усиления в точке компрессии.
CompS11	Согласование на входе в точке компрессии.

RefS21	Величина линейного усиления, используемая для вычисления уровня компрессии. Вычисление выполняется по-разному в зависимости от метода компрессии.
DeltaGain21	CompGain21 МИНУС линейное усиление (в формате логарифмической амплитуды). С помощью этого графика можно многое узнать о точке компрессии испытуемого устройства.
Unratioed (Без соотношений) — абсолютные результаты измерений на приемнике измерительного порта.	
IPwr	Входная мощность, измеренная на входе испытуемого устройства при входной частоте
OPwr	Выходная мощность, измеренная на выходе испытуемого устройства при выходной частоте
RevIPwr	Входная мощность, измеренная на выходе испытуемого устройства при выходной частоте
RevOPwr	Выходная мощность, измеренная на входе испытуемого устройства при входной частоте
ADC.	
AI1	Измерение при заданном уровне линейной входной мощности.
AI2	Измерение при заданном уровне линейной входной мощности.
CompAI1	Параметр AI1 при компрессии.
CompAI2	Параметр AI2 при компрессии.

Диалоговые окна GCX Setup (Настройка GCX)

Все вкладки диалоговых окон настройки GCX также используются в других приложениях.

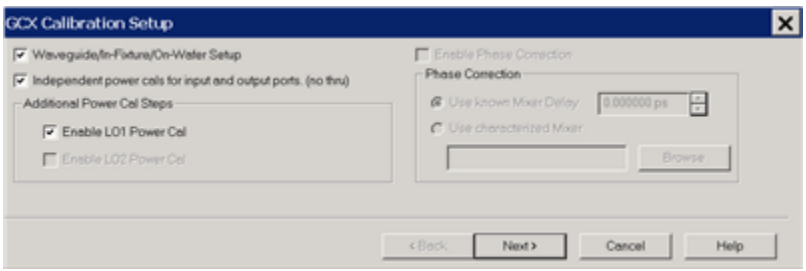
Вкладка Frequency (Частота)
Вкладка Power (Мощность)
Вкладка Compression (Компрессия)

Диалоговое окно Safe Sweep Mode (Режим безопасной развертки)
Вкладка Mixer Frequency (Частота смесителя)
Вкладка Mixer Setup (Настройка смесителя)
Вкладка Mixer (LO) Power (Мощность (гетеродина) смесителя)

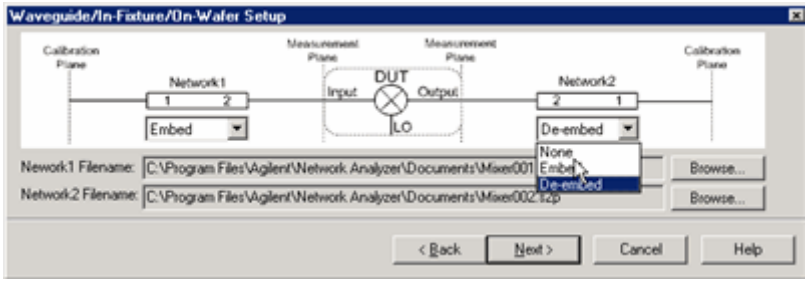
Калибровка GCX

Калибровка GCX по сути не отличается от калибровки компрессии усиления. В числе прочего есть возможность выполнить расширенную калибровку по АЧХ.

Описанные ниже страницы мастера управляемой калибровки доступны только в GCX.



Справка диалогового окна **GCX Calibration Setup (Настройка калибровки GCX)**
Waveguide/In-fixture/On-Wafer Setup (Настройка измерений с волноводами/оснасткой/на пластине): поставьте этот флажок, чтобы открыть следующее диалоговое окно. Independent power cals for input and output ports (no thru) (Независимая калибровка мощности для входного и выходного портов (без меры коэффициента передачи)): поставьте флажок, если мера коэффициента передачи ОТСУТСТВУЕТ. В процессе калибровки мощности будут выдаваться подсказки для подключения датчика мощности сначала к входному и затем к выходному портам. **Additional Power Cal Steps (Дополнительные этапы калибровки мощности)** Enable LO1/LO2 Power Cal (Разрешить калибровку мощности LO1/LO2): поставьте флажок, если осуществляется контроль над портами LO1/LO2 (во вкладке Mixer Setup), для выполнения калибровки мощности источника сигнала гетеродина. Примечание. Коррекция фазы при измерениях GCX НЕ разрешена.



Справка диалогового окна **Waveguide/In-fixture/On-Wafer Setup (Настройка измерений с волноводами/оснасткой/на пластине)**

Это диалоговое окно появляется ТОЛЬКО в том случае, если был поставлен флажок в поле Waveguide/In-fixture/On-Wafer Setup в предыдущем диалоговом окне Cal Setup.

С помощью данного окна можно включать и устранять влияние схем на входе и выходе тестируемого смесителя.

Для Network1 (Схема 1) (вход) и Network2 (Схема 2) (выход) выберите Embed (Включить влияние), De-embed (Устранить влияние) или None (Нет).

Browse (Обзор): нажмите, чтобы указать путь к файлу .S2P, моделирующему схему, влияние которой требуется включить или устранить.

Включение или устранение влияния

De-Embed (Исключить): если имеется двухпортовая схема, которую в процессе измерений необходимо подключить, однако данная схема ОТСУТСТВОВАЛА во время калибровки. Это может понадобиться, например, если у вас нет мер для охарактеризованной измерительной оснастки. Тогда вы выполните калибровку без этой оснастки, а измерения — с испытуемым устройством в оснастке. Другими словами, устранение влияния схемы при калибровке позволяет расширить опорную плоскость калибровки, чтобы она охватывала эту двухпортовую схему.

Embed (Включить): если имеется двухпортовая схема, которую в процессе измерений необходимо исключить, однако данная схема ПРИСУТСТВОВАЛА во время калибровки. Это может понадобиться, например, если во время калибровки необходимо использовать охарактеризованный переход, а во время измерений — НЕТ. Другими словами, включение влияния схемы при калибровке позволяет сузить опорную плоскость калибровки, чтобы во время измерений из нее была исключена эта двухпортовая схема.

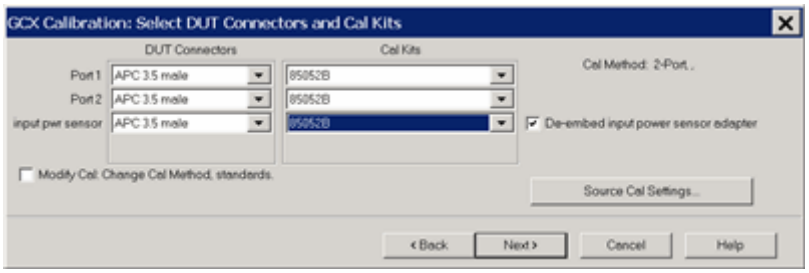
Примечания.

Файл S2P для схемы Network1 (на входе смесителя) должен содержать данные о диапазоне входных частот.
Файл S2P для схемы Network2 (на выходе смесителя) должен содержать данные о диапазоне выходных частот.

Диапазон частот файла S2P должен совпадать с диапазоном частот измерения или превышать его. Если файл содержит больше частот или точки данных не совсем совпадают с точками данных измерения, выполняется интерполяция.

Как и на рисунке из диалогового окна (см. выше), во всех случаях предполагается, что:

порт 1 каждой схемы подключен к анализатору VNA;
порт 2 каждой схемы подключен к испытуемому устройству.



Справка диалогового окна **Select DUT Connectors and Cal Kits (Выбор соединителей испытуемого устройства и калибровочных комплектов)**

С помощью данного окна могут быть заданы типы соединителей и калибровочные комплекты для каждого порта испытуемого устройства.

Port n (Порт n): **для каждого порта VNA укажите тип разъема и тип соединителей испытуемого устройства, а также используемый калибровочный комплект.**

input pwr sensor (Датчик входной мощности): **укажите тип соединителя датчика мощности. Выберите вариант** Ignored (Игнорировать), **чтобы не производить поправку на влияние перехода, который может быть необходим для подключения датчика мощности к опорной плоскости на входе.**

output pwr sensor (Датчик выходной мощности): **эта настройка доступна, когда поставлен флажок** Independent power cals for input and output ports **в диалоговом окне GCX Calibration Setup. Укажите тип соединителя датчика мощности. Выберите вариант** Ignored (Игнорировать), **чтобы НЕ производить поправку на влияние перехода, который может быть необходим для подключения датчика мощности к опорной плоскости на выходе.**

De-embed input power sensor adapter (Устранить влияние перехода датчика мощности на входе): **поставьте этот флажок, чтобы устранить влияние перехода, который используется для подключения датчика мощности к опорной плоскости калибровки.**

Source Cal Settings (Настройки калибровки источника): нажмите, чтобы открыть диалоговое окно Source Cal Settings. Эти настройки позволяют изменять ВСЕ параметры калибровки источника и измерителя мощности.

Примечание. Если испытуемое устройство имеет следующие соединители:

Волновод: перед выполнением калибровки измените значение импеданса системы на 1 Ом.

Не указаны в списке (вилка и розетка): укажите Type A в качестве типа соединителя. Для соединителей Type A требуется файл калибровочного комплекта с электрическими характеристиками мер, используемых для калибровки.

Не указано (например, для корпусированного устройства): укажите Type B в качестве типа соединителя. Для соединителей Type B требуется файл калибровочного комплекта с электрическими характеристиками мер, используемых для калибровки.

Modify Cal (Изменить калибровку): поставьте флажок и затем нажмите Next, чтобы открыть диалоговое окно Modify Frequency Cal.

Калибровка приложения Gain Compression

Мастер калибровки GCA помогает выполнить все этапы калибровки канала GCA или GCX. Эта процедура неизменна при любых настройках компрессии усиления.

Сначала выполняется калибровка мощности источника.

Затем можно выбрать полную 2-портовую калибровку или расширенную калибровку по АЧХ.

См. также
Приложение Gain Compression
Gain Compression for Converters

Порядок запуска калибровки GCA

С помощью аппаратной клавиши / *программной вкладки* / программной кнопки	С помощью мыши
Нажмите **CAL** > ***Main*** > **Smart Cal...**	Нажмите Response. **Выберите** Cal. Выберите Smart Cal...

Команды программирования

Обзор: калибровка мощности источника GCA

Мастер калибровки GCA сначала выполняет калибровку мощности источника. Калибровка мощности источника в GCA немного отличается от стандартной калибровки мощности источника. Хотя измерения GCA производятся при разных уровнях мощности, калибровка мощности источника GCA выполняется при одном уровне мощности в заданном диапазоне частот измерения GCA. Необходимая коррекция источника, полученная при одном уровне мощности, применяется ко ВСЕМ уровням мощности. Этот метод гарантирует, что «абсолютный» уровень подаваемой на испытуемое устройство мощности соответствует техническим характеристикам VNA-X в отношении линейности мощности источника.

Возможность установить с помощью GCA абсолютный уровень подаваемой на испытуемое устройство мощности важна, но САМОЕ важное — это точно измерить фактическую мощность прямого сигнала. Поэтому во время калибровки мощности источника GCA применяется калибровка приемника к опорному приемнику порта 1, а также опосредованно к обоим приемникам измерительных портов во время калибровки S-параметров, что обеспечивает коррекцию рассогласования импеданса между измерителем мощности и источником VNA и между испытуемым устройством и источником VNA.

Хотя процесс калибровки также происходит на одном уровне мощности, динамическая погрешность приемников анализатора VNA-X обычно составляет около +/– 0,05 дБ, то есть они сравнимы по степени точности с лучшими датчиками мощности Keysight. Это позволяет GCA очень точно измерять и сообщать ВСЕ фактические уровни мощности, подаваемой на испытуемое устройство.

Полная двухпортовая калибровка или расширенная калибровка по АЧХ (ER)

По умолчанию в ходе калибровки GCA и GCX выполняется полная двухпортовая калибровка. Однако ее можно заменить расширенной калибровкой по АЧХ. Следующие аспекты помогут вам выбрать один из этих двух типов калибровки.

Точность. Полная двухпортовая коррекция более точна, чем расширенная калибровка по АЧХ, когда в GCA измеряется линейное усиление. Однако в случае нелинейных измерений расширенная калибровка по АЧХ дает такие же значения компрессии, что и полная двухпортовая калибровка, поэтому этот фактор может оказаться несущественным.

Скорость измерения. Для расширенной коррекции по АЧХ нужны измерения только в прямом направлении. Обратные параметры (обычно S22 и S12) не измеряются без запроса. При использовании полной двухпортовой калибровки измеряются все четыре S-параметра, что требует дополнительной обратной развертки. Подробнее.

Простота. Полная двухпортовая калибровка проще при использовании модуля ECal. Расширенная калибровка по АЧХ требует использования определенной меры коэффициента передачи или меры коэффициента передачи нулевой длины в качестве метода калибровки. Если это возможно, то расширенная калибровка по АЧХ будет проще при использовании механического калибровочного комплекта.

Высокая мощность. Уровень мощности, при котором измерительный порт стандартного анализатора VNA-X повреждается, составляет +30 дБ. Следовательно, на выходе высокомощных усилителей понадобится использовать внешние аттенюаторы, что снизит точность обратных (полных двухпортовых) измерений. Кроме того, внешние аттенюаторы улучшают показатель ошибки согласования на выходе / согласования нагрузок испытуемого устройства, что улучшает нескорректированную характеристику и делает расширенную калибровку по АЧХ более подходящим выбором.

Ограничения испытуемого устройства. При использовании расширенной калибровки по АЧХ обратные измерения на испытуемом устройстве не выполняются, если они не были запрошены.

Выбор расширенной калибровки по АЧХ

На странице Select DUT Connectors (Выбор соединителей испытуемого устройства) мастера калибровки GCA: Поставьте флажок Modify Cal и нажмите Next.

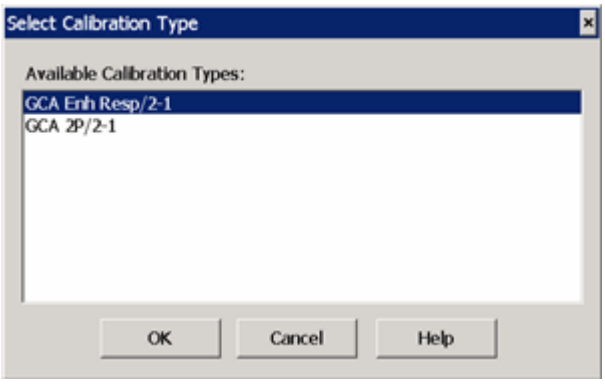
Должен быть выбран метод Defined Thru (Определенная мера коэффициента передачи) или Flush Thru Cal (Мера коэффициента передачи нулевой длины). Нажмите Cal Type/Stds.

В поле Calibration type (Тип калибровки) выберите EnhResp (2 <= 1 указывает на порт приемника 2 и порт источника 1).

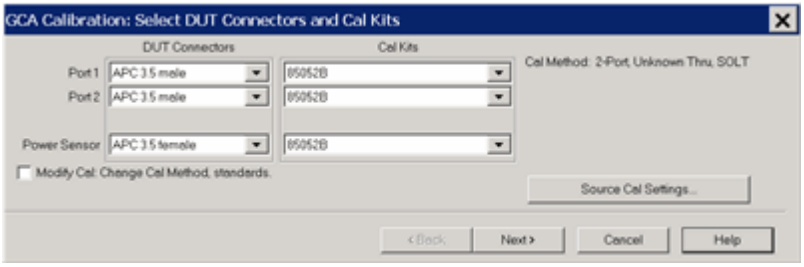
Замените полную двухпортовую калибровку на расширенную калибровку по АЧХ, если вы хотите выполнить полную двухпортовую калибровку, но без обратных ходов развертки на испытуемом устройстве.

Чтобы заменить полную двухпортовую коррекцию в канале расширенной коррекцией по АЧХ: Нажмите **CAL** > ***Main*** > **Correction Methods**.

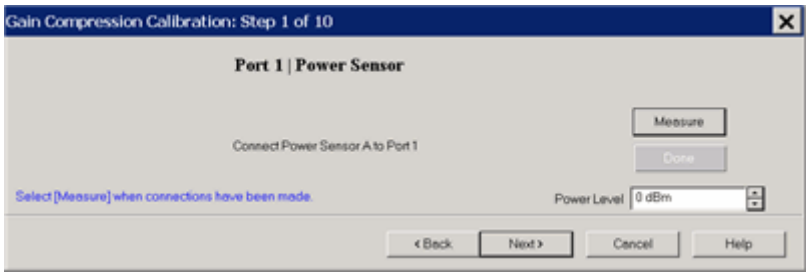
Выберите GCA EnhResp и нажмите OK.



Мастер калибровки GCA



Справка диалогового окна **Select DUT Connectors and Cal Kits – GCA Cal (Выбор соединителей испытуемого устройства и калибровочных комплектов — калибровка GCA)**
Это страница стандартного мастера калибровки, за исключением следующих параметров. Power Sensor (Датчик мощности): укажите тип разъема и тип соединителя датчика мощности. Когда соединитель датчика мощности отличается по типу и разъему от соединителя порта 1 испытуемого устройства, при калибровке мощности источника для подключения датчика мощности к опорной плоскости порта 1 необходим переход. Выполняется дополнительная однопортовая калибровка для измерения влияния перехода и соответствующей корректировки. Файлы S2P с характеристиками не требуются. Выберите вариант Ignored (в конце списка соединителей испытуемого устройства), чтобы НЕ производить поправку на влияние перехода. Выберите калибровочный комплект, который будет использоваться для этого процесса. Modify Cal (Изменить калибровку): поставьте этот флажок и затем нажмите Next, чтобы изменить калибровку (с использованием мер и метода с мерой коэффициента передачи). Source Cal Settings (Настройки калибровки источника): нажмите эту кнопку, чтобы открыть диалоговое окно Source Cal Settings. Подробнее о калибровке мощности источника GCA.



Справка диалогового окна **Gain Compression Calibration Step 1 (Этап 1 калибровки компрессии усиления)**
Power Level (Уровень мощности): уровень мощности, на котором должна выполняться калибровка мощности источника. Обычно наилучшим выбором для калибровки мощности источника является уровень 0 дБм, так как на нем выполняется калибровка датчика мощности. Тем не менее если измерение компрессии усиления производится целиком выше или ниже уровня 0 дБм, то выполните калибровку мощности источника на конечной мощности, при которой, возможно, уровень шума при измерении будет самым низким. Подробнее о калибровке мощности источника GCA.

Остальные диалоговые окна калибровки компрессии усиления идентичны стандартным диалоговым окнам SmartCal.

Вернитесь в приложение Gain Compression.

Приложение Integrated Pulse

Встроенные импульсные измерения

Примечание. Модель M937xA не поддерживает данную функцию.

Диалоговые окна Pulse Setup (Настройка импульса), описанные в данной теме, теперь включены во встроенное ПО VNA и доступны при приобретении опции S93026A или опции H08.

Ранее эта настройка выполнялась с помощью узкополосных или широкополосных импульсных программ. При наличии соответствующего оборудования и программных опций (опции 021, 022, S93025A) эти команды все еще доступны и без опций S93026A или H08.

Наряду с внутренними генераторами импульсов VNA могут использоваться внешние генераторы импульсов.

В данной теме:

Настройка импульса
Настройка генератора импульсов
Вкладка Pulse Trigger (Импульсный триггер)
Блок-схема генераторов импульсов и ПЧ
Калибровка в импульсном режиме

См. также (отдельные темы)

Приложение для узкополосных импульсных измерений (опция H08)

См. примечание о Swept IMD касательно настройки фильтра ПЧ

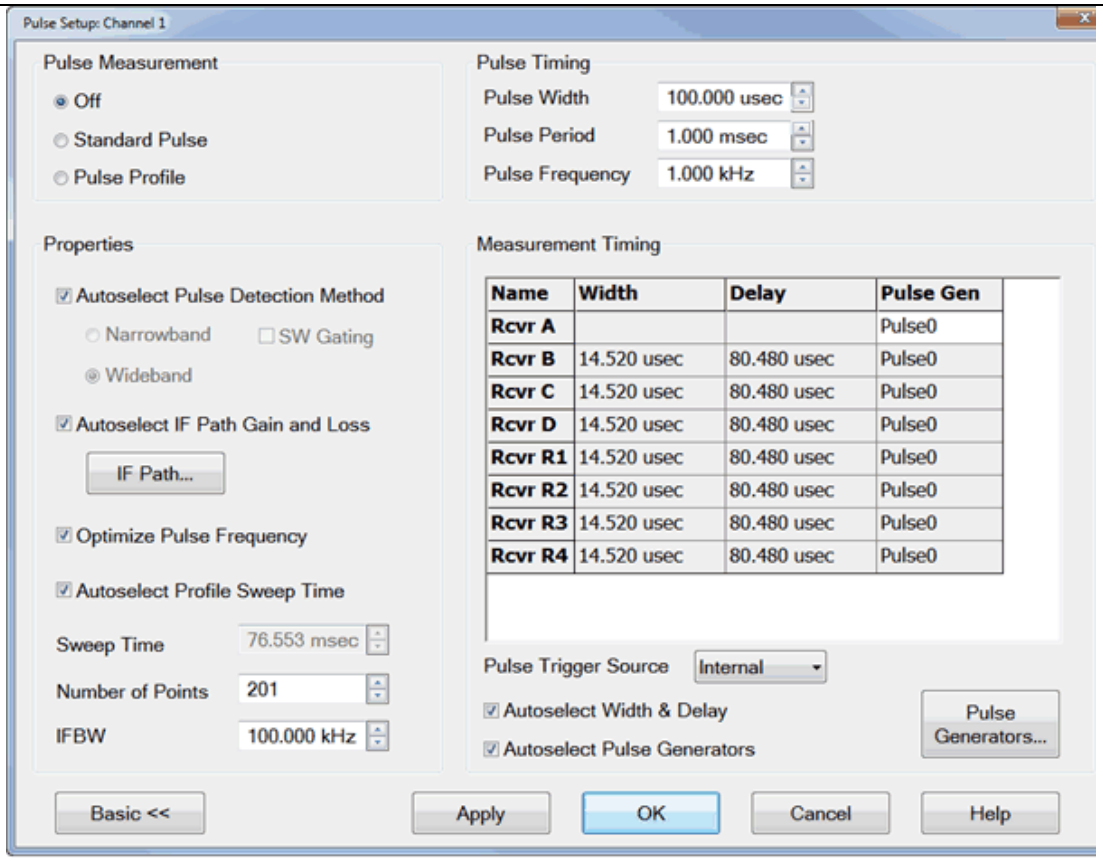
Рекомендации по применению: Active-Device Characterization in Pulsed Operation Using the VNA-X (Определение характеристик активных устройств в импульсном режиме с помощью анализатора VNA-X) (1408-21)

Порядок запуска диалогового окна Pulse Setup (Настройка импульса)

С помощью аппаратной клавиши / *программной вкладки* / программной кнопки	С помощью мыши
Нажмите **Sweep** > ***Source Control*** > **Pulse Setup...**	Щелкните по **Stimulus** Выберите **Sweep** Выберите **Sweep Control** Выберите **Pulse Setup...**

Команды программирования

Справка диалогового окна **Pulse Setup (Настройка импульса)**



Примечание. Модель M937xA не поддерживает данную функцию.

Основные элементы управления (Basic) упрощают выполнение импульсных измерений, позволяя использовать настройки по умолчанию (Autoselect) из раздела Advanced (Расширенные) диалогового окна.

Импульсные измерения выполняются в канале Standard. См. класс измерений. Однако с помощью окна настройки импульса можно управлять рядом параметров измерений VNA, таких как тип развертки, число точек и т. д.

Pulse Measurement (Импульсное измерение)

Off (Выкл.): источник и приемники НЕ работают в импульсном режиме.

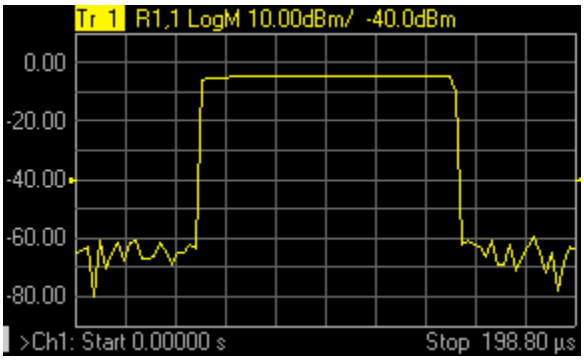
Standard Pulse (Стандартный импульс): при генерации импульсного ВЧ-сигнала конфигурацию анализатора VNA можно настроить для развертки частоты, развертки мощности и развертки с непрерывной волной по времени.

Для выполнения измерений типа «точка-в-импульс» сократите длительность импульса приемника и введите задержку.

Для выполнения измерений типа «импульс-в-импульс» отключите параметр **Autoselect Pulse Detection Method** (Автоматический выбор метода обнаружения импульса), затем выберите вариант **Wideband** (Широкополосный). В меню VNA выберите **Stimulus** -> **Sweep** -> **Sweep type** = **CW**.

Pulse Profile (Профиль импульса): измерение профиля импульса обеспечивает представление огибающей импульса во временной области (частота непрерывных колебаний). Профиль создается с использованием метода измерения, состоящего в выполнении серии узких «моментальных снимков» приемника по ширине импульса.

Это похоже на создание с помощью фотокамеры множества небольших снимков широкого изображения и последующее их соединение в одно панорамное представление.



Измерение профиля импульса при использовании настроек по умолчанию и приемника R1.

Профиль импульса может создаваться с использованием измерений с соотношениями и без соотношений. Предварительный просмотр импульса на порте 1 возможен с помощью измерения приемника R1.

Профиль импульса создается на одной частоте непрерывных колебаний в узкополосном либо широкополосном режиме.

Для выбора частоты непрерывных колебаний нажмите **Stimulus** -> **Sweep Type**.

В режиме **Narrowband** (Узкополосный) VNA выбирает величину приращения задержки, которая отвечает за «проходку» моментальных снимков приемника по импульсу. Эта величина доступна только посредством команды программирования.

В режиме **Wideband** (Широкополосный) приемник проходит по импульсу путем выполнения последовательности измерений с малым интервалом в реальном времени.

В режиме **SW Gating** (Стробирование непрерывных колебаний) улучшается чувствительность ПО к стробированию. Когда этот флажок не поставлен, все данные за пределами полосы частот измерения обнуляются. Режим стробирования непрерывных колебаний используется для целей устранения неполадок.

Pulse Timing (Импульсный интервал)

Pulse Width (Длительность импульса): задает длительность импульса источника. См. время измерения, чтобы узнать о том, как управлять длительностью и задержкой на приемнике.

Pulse Period (Период импульса): время полного импульса.

Pulse Frequency (PRF) (Частота импульса (PRF)): величина, обратная периоду (1 / период). См. более подробные сведения в разделе «Встроенные генераторы импульсов».

По умолчанию эти настройки задают конфигурацию генератора импульсов 1, при которой он возбуждает модуляторы источника 1 и 2. Их можно изменить в диалоговом окне Advanced Settings (Расширенные настройки) настройки генератора импульсов.

-------- Advanced Settings (Расширенные настройки) ----------

Следующие настройки обеспечивают максимальный контроль над импульсными измерениями.

Примечание. Когда флажки Auto (Автовыбор) сняты, есть вероятность ввода таких настроек, которые сделают измерение некорректным.

Properties (Свойства)

Autoselect pulse detection method (Автоматический выбор метода обнаружения импульса): установите этот флажок, чтобы происходило автоматическое переключение между узкополосным и широкополосным режимами в зависимости от длительности импульса.

В режиме Standard Pulse (Стандартный импульс):

Wideband (Широкополосный): этот вариант используется, когда длительность импульса (источника) БОЛЬШЕ самого короткого времени обнаружения на приемнике. Это позволяет приемнику измерять время, когда импульс включен (ON), но не когда импульс выключен (OFF). VNA выбирает режим Wideband всегда, когда это возможно.

Narrowband (Узкополосный): этот вариант используется, когда длительность импульса (источника) МЕНЬШЕ самого короткого времени обнаружения на приемнике (267 нс). Такое измерение требует применения метода спектрального обнуления, чтобы можно было измерить импульсную характеристику на испытуемом устройстве.

В режиме Pulse Profile (Профиль импульса):

Wideband (Широкополосный): этот вариант используется, когда длительность импульса (источника) больше 1,600 мкс. Это позволяет источнику выполнить серию последовательных измерений для измерения всего импульса.

Narrowband (Узкополосный): этот вариант используется, когда длительность импульса (источника) меньше или равна 1,600 мкс.

Autoselect IF Path Gain and Loss (Автоматический выбор усиления и потерь тракта ПЧ): для использования в будущем.

IF Path (Тракт ПЧ): нажмите, чтобы открыть диалоговое окно IF Path.

Optimize Pulse Frequency (Оптимизировать частоту импульса): частота импульса и период импульса подбираются автоматически.

В узкополосном режиме частота импульса немного регулируется таким образом, чтобы максимально улучшить фильтр спектрального обнуления.

В широкополосном режиме этот флажок игнорируется.

Autoselect Profile Sweep Time (Автоматический выбор времени развертки профиля): в режиме Pulse Profile этот параметр ставит заданные по умолчанию на оси X начальное время на ноль, а конечное время — на значение, вдвое превышающее длительность импульса. Это позволяет увидеть один полный импульс. Если этот флажок не поставлен, время развертки не меняется.

Чтобы отрегулировать ось X вручную, нажмите OK для выхода из диалогового окна. Затем нажмите Sweep > Main и измените начальное и конечное время.

Sweep Time (Время развертки): задайте время, за которое анализатор выполнит один цикл развертки. **Number of Points** (Число точек): задайте число точек, требуемое для измерения. **IFBW** (Ширина полосы ПЧ): выберите ширину полосы ПЧ для измерения.

В узкополосном режиме будет использоваться ширина полосы ПЧ, по возможности наиболее близкая к введенному значению.

В широкополосном режиме эта настройка определяет время обнаружения на приемнике — приблизительно 1 / ширина полосы ПЧ.

Measurement Timing (Время измерения)

Source1 (Источник 1) и **Source2** (Источник 2): используются в качестве сигнала модуляции источника ВЧ.

Width (Длительность): длительность импульса источника.

Delay (Задержка): задержка импульса источника относительно часов генератора импульсов.

Pulse Gen (Генератор импульсов): генератор импульсов, используемый для модуляции источника. Выберите вариант **CW**, чтобы НЕ использовать модуляцию источника.

Настройки приемника, указанные в данной таблице, меняются в зависимости от режима работы VNA (узкополосный или широкополосный).

В узкополосном режиме необходимо для каждого тракта приемника ПЧ задать длительность импульса, задержку и генератор импульсов, которые будут использоваться для управления стробированием на приемнике.

В широкополосном режиме все тракты приемника одинаковы.

Pulse Trigger Source (Источник импульсного триггера): см. блок-схему. Выберите один из следующих вариантов.

Internal (Внутренний): настройка по умолчанию. Генератор импульсов запускается внутренним импульсным тактовым сигналом.

External (Внешний): выбран внешний генератор импульсов, которым не управляет анализатор VNA. Используйте эту настройку, чтобы выполнять импульсные измерения вручную.

<External Pulse Gen name> (<Имя внешнего генератора импульсов>): эта настройка доступна, когда генератор 81110A настроен в качестве внешнего устройства и поставлен флажок **Master Mode** (Главный режим) в диалоговом окне свойств генератора импульсов.

Autoselect Width and Delay (Автоматический выбор длительности и задержки): когда этот флажок поставлен, для широкополосного режима с настройкой Pulse Gen = Pulse Trigger настройка по умолчанию для приемника корректируется до значения, составляющего приблизительно 75 % от длительности импульса источника, с задержкой 20 %. При этом около 5 % импульса источника остаются включенными после завершения обнаружения.

Когда этот флажок поставлен в узкополосном режиме с настройкой Pulse Gen <> CW, значения задержки и длительности совпадают со значениями источника ВЧ.

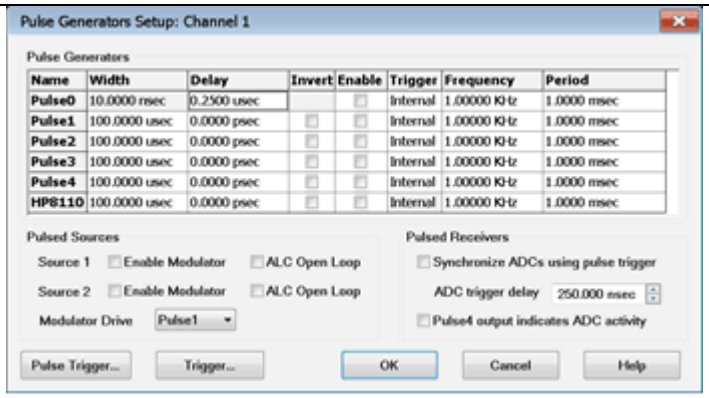
Autoselect Pulse Generators (Автоматический выбор генераторов импульсов): когда этот флажок поставлен: генератор Pulse1 выбран в качестве сигнала модуляции;

генератор Pulse2 в режиме CW (отключен);

в широкополосном режиме выбран импульсный триггер для стробирования ADC;
в узкополосном режиме выбран генератор Pulse2.

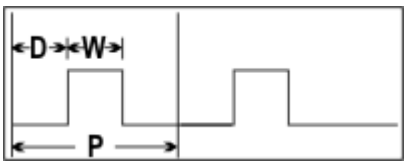
Pulse Generators (Генераторы импульсов): нажмите, чтобы открыть диалоговое окно настройки генератора импульсов.

Справка диалогового окна **Pulse Generators Setup (Настройка генератора импульсов)**



Это диалоговое окно доступно при наличии опции S93025A (генераторы импульсов). Чтобы просмотреть это диалоговое окно, нажмите кнопку **Pulse Gen Setup** в диалоговом окне Pulse Setup. **Pulse Generators (Генераторы импульсов)**

Настройте генераторы импульсов, которые будут использоваться при измерении. Генератор pulse 0 предназначен для приемника. Генератор pulse 1 используется для источника и выхода P1, а генераторы pulse 2, 3, 4 — для выходного сигнала P2, P3, P4 соответственно.



D **= задержка; время до начала каждого импульса**

W **= длительность; время, в течение которого импульс включен**

Duty Cycle (Коэффициент заполнения) = W/P
P **= период; один полный цикл импульса**
Pulse Frequency (PRF) (Частота импульса) = 1 / период

Важно: если **D + W** больше **P**, это ведет к неопределенному поведению VNA. Сообщения об ошибке или предупреждения НЕ выдаются.

Invert (Инвертировать): поставьте этот флажок, чтобы во время включения импульса был активным низкий уровень, а во время выключения — верхний уровень.

Enable (Включить): поставьте флажки в этом столбце, чтобы активировать отдельные генераторы импульсов.

Trigger (Триггер): выберите один из вариантов. (Когда эта настройка меняется для ОДНОГО из генераторов, она меняется для ВСЕХ. Внутренние генераторы импульсов НЕЛЬЗЯ запускать по отдельности.)

Internal (Внутренний): генераторы импульсов запускаются внутренним импульсным тактовым сигналом. External (Внешний): генераторы импульсов запускаются внешним импульсным генератором.

Frequency (Частота): задайте частоту импульса для каждого генератора.

Частота импульса (PRF) = 1 / период

P **= период; один полный цикл импульса**

Period (Период): задайте период для каждого генератора.

Pulsed Sources (Импульсные источники)

Поставьте флажки, чтобы запустить один из внутренних модуляторов источника или оба модулятора. Это переключатели 8 и 9 на блок-схеме.

Важно: когда используются внутренние модуляторы источников, выравнивание источника автоматически устанавливается в режим Open-loop (Разомкнутый контур) (флажок **ALC Open Loop** (Разомкнутый контур ALC) будет поставлен автоматически).

Modulator Drive (Сигнал модулятора): выберите генератор импульсов, который будет модулировать указанный источник. Варианты: **CW** (НЕТ импульса); Pulse 1, 2, 3, 4; External. Это переключатель 7 на блок-схеме.

Pulsed Receivers (Импульсные приемники)

Synchronize ADCs using pulse trigger (Синхронизировать ADC с помощью импульсного триггера): поставьте этот флажок, чтобы для широкополосных измерений приемника включить триггер, используемый для стробирования ADC. Эта настройка идентична настройке **Pulse0 Enable**. Длительность НЕЛЬЗЯ настроить.

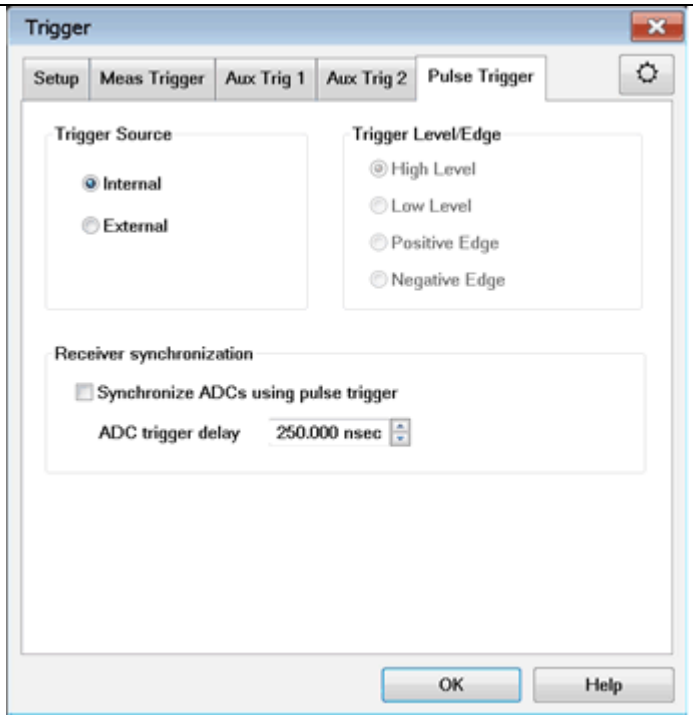
ADC trigger delay (Задержка триггера ADC): укажите время ожидания до запуска обнаружения ADC. Эта настройка идентична настройке **Pulse0 Delay**.

Pulse4 output indicates ADC activity (Выходной сигнал Pulse4 показывает активность ADC): поставьте этот флажок, чтобы использовать осциллограф, подсоединенный к контакту 13 соединителя входа-выхода импульса на задней панели VNA, и выводить данные на дисплей, когда выполняются измерения ADC.

Pulse Trigger... (Импульсный триггер...): нажмите эту кнопку, чтобы открыть диалоговое окно Pulse Trigger.

Trigger... (Триггер): нажмите, чтобы открыть диалоговое окно Trigger для настройки запуска триггера. Подробнее.

Справка диалогового окна **Trigger (Триггер) — вкладка Pulse Trigger (Импульсный триггер)**



Чтобы просмотреть это диалоговое окно, нажмите кнопку **Pulse Trigger** в диалоговом окне Pulse Generator Setup или выберите **Stimulus,** а затем **Trigger** в меню VNA.

Trigger Source (Источник триггера)

Выберите вариант **Internal** или **External,** чтобы обеспечить возможность синхронизации внутренних генераторов импульсов.

Internal (Внутренний): генератор импульсов запускается внутренним триггером и выдает периодическую серию импульсов с периодом, заданным в диалоговом окне Pulse Generator Setup.

External (Внешний): встроенный генератор импульсов выдает серию импульсов (P0-P4) в соответствии с внешним триггером. Все пять выходных импульсов имеют свои настройки задержки и длительности импульса.

Вход внешнего триггера находится на контакте 7 соединителя входа-выхода импульса (PulseSyncIn). Линия PulseSyncIn обеспечивает передачу настраиваемого сигнала запуска генераторам импульсов. Если для режима триггера задан уровень и если триггер по-прежнему действителен после завершения первой серии импульсов, генерируется еще одна серия. Если используется запуск по фронту, производится только одна серия импульсов.

Trigger Level/Edge (Уровень триггера/фронт)

Задайте фронт или уровень сигнала запуска, на который будут реагировать внутренние генераторы импульсов при их запуске внешним триггером через контакт PulseSyncIn.

Positive (Положительный) = нарастающий фронт; Negative (Отрицательный) = спадающий фронт.

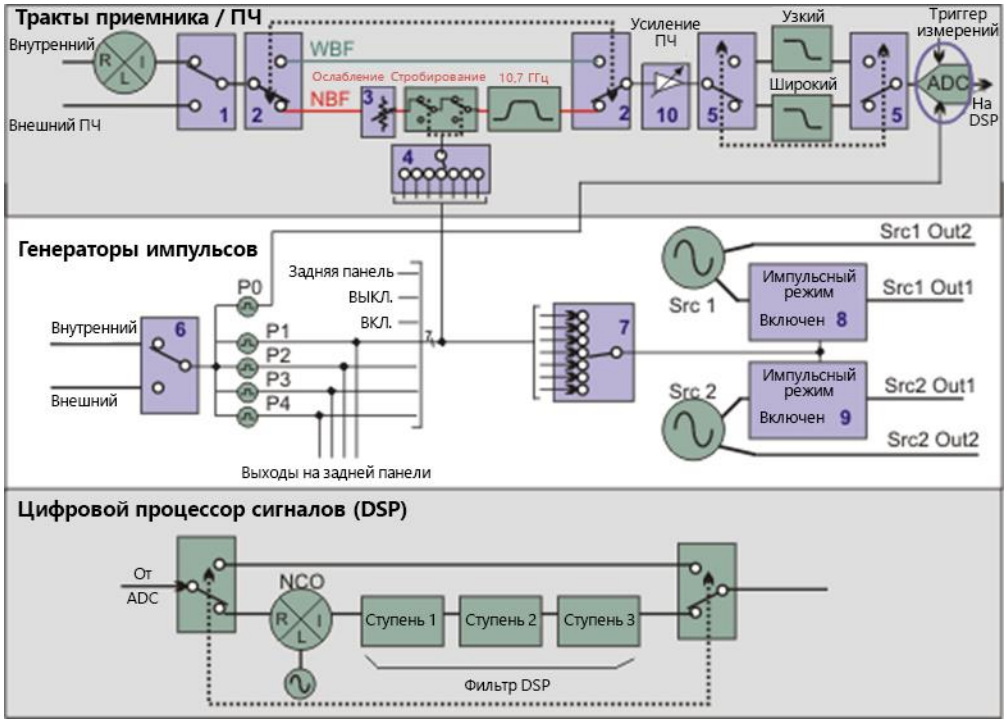
Эти варианты выбора доступны ТОЛЬКО в версии DSP: 4.0 FPGA: 34 и выше. В противном случае генераторы импульсов будут реагировать только на положительные входные сигналы запуска.

Receiver synchronization (Синхронизация приемника)

Synchronize ADCs using pulse trigger (Синхронизировать ADC с помощью импульсного триггера): поставьте этот флажок, чтобы для широкополосных измерений приемника включить триггер, используемый для стробирования ADC. Длительность НЕЛЬЗЯ настроить.

ADC trigger delay (Задержка триггера ADC): укажите время ожидания до запуска обнаружения ADC.

Блок-схема импульсного триггера



Калибровка в импульсном режиме

Чтобы выполнить калибровку в импульсном режиме, сначала настройте и примените параметры импульса (частота импульса, длительность импульса, задержки, стробирование ПЧ и т. д.), **прежде чем** калибровать систему. Это гарантирует правильную конфигурацию VNA во время калибровки и измерения.

Приложение Noise Figure

Сведения о рекомендуемых модулях ECal, кабелях и переходах см. в руководстве по конфигурации VNA.

Создание измерения Noise Figure

На передней панели анализатора VNA нажмите **Meas** > ***S-Param*** > **Meas Class...**

Выберите **Noise Figure Cold Source,** а затем нажмите:

либо **OK,** чтобы удалить существующее измерение;

либо **New Channel**, чтобы создать измерение в новом канале.

Отобразится измерение коэффициента шума. Ниже показано, как выбрать или изменить отображаемые параметры.

Шумовые параметры

В одном канале можно измерить несколько шумовых параметров, а также стандартные параметры.

Добавление шумовых параметров

Создайте канал Noise Figure. Затем выполните следующие действия.

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки	С помощью мыши
Нажмите **Trace** > ***Trace N*** > **Trace N**. Нажмите **Trace** > ***Trace Setup*** > **Measure...**	Нажмите **Instrument** Выберите **Trace** Выберите **Add Trace** Нажмите **Instrument** Выберите **Trace** Выберите **Measure...**

ИЗМЕНЕНИЕ шумовых параметров

Создайте канал Noise Figure. Выберите параметр, который требуется изменить.

Затем выполните следующие действия.

Выберите график, нажав **Trace** > ***Trace N*** > **Trace N**. Нажмите**Trace** > ***Trace Setup*** > **Measure...** Выберите параметр.	Щелкните правой кнопкой мыши по графику. Выберите параметр.

Команды программирования

Доступные измерения уровня шума

С помощью анализатора VNA могут выполняться измерения уровня шума следующих трех категорий.

Коэффициент шума — это количество шума, которое вносит испытуемое устройство в измерительном блоке на 50 Ом.

Параметры мощности шума показывают количество шума, исходящего из испытуемого устройства в измерительном блоке на 50 Ом. Вместе с результатами измерения усиления на испытуемом устройстве эти параметры мощности шумов используются для вычисления коэффициента шума.

Шумовые параметры моделируют шум, генерируемый в испытуемом устройстве, аналогично тому, как S-параметры моделируют прохождение ВЧ-сигнала через испытуемое устройство.

Noise Figure (NF) (Коэффициент шума).

Excess Noise Ratio (ENR) (Чрезмерный относительный уровень шума): выберите этот вариант при измерении генератора шума. Сравните результаты с таблицей ENR, чтобы подтвердить точность системы. Значение ENR вычисляется следующим образом.

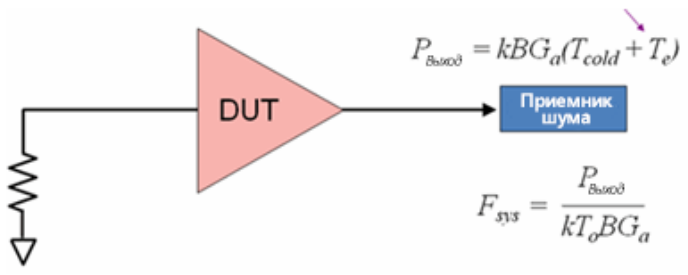
ENR (дБ) = 10 log10((Thot Tcold) / T0), где T0 = 290 К.

Узнайте больше о таблице ENR и генераторе шума. Подробнее об измерениях генератора шума с использованием ENR.

T-Effective (Эффективная T): эффективная температура (в кельвинах) для измеренного уровня шума. Пример:

290 К = –174 дБм/Гц.

Te — неизвестная переменная.



Доступное усиление Ga зависит от S11, S22 и Гs.

Параметры мощности шума

Параметры мощности шума, описанные ниже, предлагаются в двух следующих форматах.

Available Noise Power (Доступная мощность шума): значение мощности, вычисленное на основании идеального согласования импеданса на выходе испытуемого устройства. Эти параметры всегда были доступны в приложении VNA для измерения коэффициента шума.

Incident Noise Power (Падающая мощность шума): к названию параметра доступной мощности шума добавляется буква **I** в конце. Вычисленная мощность, поступающая на идеальный приемник шума с импедансом 50 Ом, независимо от импеданса на выходе испытуемого устройства.

SYSNPD / **SYSNPDI** (Плотность мощности шума системы): общая мощность шума на ADC, включая шумы, вносимые и испытуемым устройством, и внутренним приемником шума. Эта величина обычно выражается в дБм как абсолютная мощность, но также может быть выражена в ваттах или кельвинах.

дБм = 10 log10(k * T * B * 1000)

Где:

k — постоянная Больцмана;

T — измеренная шумовая температура;

B — полоса пропускания;

1000 — коэффициент пересчета из милливатт.

SYSRNP / **SYSRNPI** (Относительная мощность шума системы): суммарная шумовая температура испытуемого устройства и приемника относительно уровня 290 К. Этот параметр обычно выводится в виде отношения, выраженного в дБ. Соответственно, идеально тихое устройство было бы представлено графиком на 0 дБ.

дБ = 10 log10(T/290)

DUTNPD / **DUTNPDI** (Плотность мощности шума испытуемого устройства): при включенной коррекции этот график отражает доступную мощность шума, наилучшим образом характеризуемую как максимальная доступная мощность, отдаваемая испытуемым устройством, при этом импеданс порта шумов должен быть равен согласованию на выходе испытуемого устройства. Если быть точнее, такое происходит, когда согласование на порте шумов равно сопряженной величине согласования на выходе испытуемого устройства. Мощность шума, добавляемая приемником, не учитывается.

Когда коррекция отключена, этот график отражает то, что можно описать как передаваемую мощность. Передаваемая мощность — это мощность, фактически наблюдаемая на ADC. Любое рассогласование между приемником и испытуемым устройством игнорируется. Мощность шума, добавляемая приемником, не учитывается.

Результат этого измерения обычно выражается в дБм и нормализуется по полосе пропускания 1 Гц. Для удобства в показаниях маркера и графика используются единицы **дБм.**

Чтобы мощность отображалась в другой полосе пропускания, воспользуйтесь редактором формул.

дБм/Гц = 10 log10((температура испытуемого устройства – температура приемника) * B * 1000)

Где:

B — полоса пропускания;

1000 — коэффициент пересчета из милливатт.

DUTRNP / **DUTRNPI** (Относительная мощность шумов испытуемого устройства): этот параметр выводится как отношение температуры испытуемого устройства к 290 К. Обычно он выражается в дБ. К нему применимы те же замечания касательно доступной и передаваемой мощности, что и для параметра DUTNPD выше.

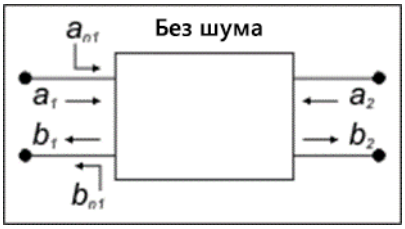
дБ = 10 $\log_{10}$ (температура испытуемого устройства – температура приемника)

Модель шума, шумовые параметры и корреляционная матрица шума

Шумовые параметры моделируют шум, генерируемый в испытуемом устройстве, аналогично тому, как S-параметры моделируют прохождение ВЧ-сигнала через испытуемое устройство.

Модель шума

Волновая модель шума для любой линейной двухпортовой цепи может быть представлена, как показано на следующем рисунке:



Здесь показана свободная от шума двухпортовая цепь с шумовыми волнами (an1 и bn1), добавленными на входных клеммах. Волны a1 a2 и b1 b2 — это стандартные волны S-параметров.

Корреляционная матрица шума определяет следующее отношение к шумовым волнам:

$$C_t = \begin{bmatrix} \overline{|a_{n1}|^2} & \overline{a_{n1} b_{n1}^*} \\ \overline{b_{n1} a_{n1}^*} & \overline{|b_{n1}|^2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} \\ c_{21} & c_{22} \end{bmatrix}$$

Где:

$\overline{|a_{n1}|^2}$ and $\overline{|b_{n1}|^2}$ — это усредненная по времени мощность шума в полосе пропускания 1 Гц.

$\overline{a_{n1} b_{n1}^*}$ and $\overline{b_{n1} a_{n1}^*}$ — это усредненные по времени значения взаимной корреляции, корреляция между an1 и bn1. Черта над символами означает усреднение по времени.

Надстрочные звездочки означают комплексно сопряженные величины.

Шумовые параметры

GammaOpt (Оптимальный комплексный коэффициент отражения): оптимальный импеданс для измерения коэффициента шума. Выберите формат данных, чтобы отображались параметры Gamma-Opt- Magnitude и Gamma-Opt-Phase (амплитуда и фаза; самый распространенный вариант) или Gamma-Opt-Real и Gamma-Opt-Imaginary (действительная и мнимая части).

NFmin: минимальный уровень шума, наблюдаемый при GammaOpt.

Rn (Шумовое сопротивление): этот параметр задает степень изменения уровня шума при варьировании импеданса источника.

NCorr_11, NCorr_21, NCorr_12, NCorr_22: **параметры NCorr_11 и NCorr_22 — это эффективная шумовая температура, нормализованная по уровню 290 К. Оба параметра — это усредненные по времени мощности шумовых волн, связанные с входом испытуемого устройства, при этом NCorr_11 — прямая волна (шум проходит через устройство в направлении выхода), а NCorr_22 — обратная шумовая волна (шум выходит из порта 1 испытуемого устройства и идет обратно в направлении источника).**

Чтобы преобразовать доступную мощность шума, умножьте эти параметры на 290*k*B, где:

k — постоянная Больцмана;

B — полоса пропускания системы.

Предлагаемые стандартные параметры (только для усилителей)

S-параметры: S11, S21, S22, S12.

Параметры без соотношений, записываемые с использованием следующей номенклатуры: (приемник, порт источника). Эти параметры ЗАМЕНЯЮТ активное измерение. Чтобы ими воспользоваться (ТОЛЬКО с передней панели), нажмите **MEAS** -> **[More]** -> **[Receivers]**.

(R1,1), (R2,2), (A,1), (A,2), (B,1), (B,2)

Сохранение данных шума

Для сохранения данных шума нажмите **File** (Файл), а затем **Save Data As** (Сохранить данные как). Выберите один из следующих **типов файлов:**

(*.prn), (*.cti), (*.csv), (*.mdf): данные о коэффициенте шума могут быть сохранены ТОЛЬКО в одном из этих форматов. В файлах PRN сохраняется только активный график. В форматируемых файлах CITI и CSV и в файлах MDF могут быть сохранены все отображаемые графики.

(*.s2p): сохраняются только данные S-параметров после выполнения калибровки шумов. Эти данные сохраняются независимо от того, какое измерение шума активно или отображено на экране.

Trace and Noise parameter (*.s2p) (График и шумовой параметр): сохраняются данные S-параметров, а затем шумовые параметры. Эти данные сохраняются независимо от того, какое измерение шума активно или отображено на экране. Если векторная калибровка отключена или шумовые параметры не могут быть реализованы, у шумовых параметров не будет вычисленных значений. В этом случае вместо них отображаются следующие значения:

GammaOpt = 0

NFmin = необработанный коэффициент шума

Rn= Z0 / 4 * (F – 1). Эта формула отражает, как в таких случаях вычисляется Rn для некорректно обработанных данных. F — шум-фактор; здесь значение F связано со значением корреляции шума ct11 и нормализованной шумовой температурой Tn формулой: F = 1 + ct11 = 1 + Tn, так что Rn = (Z0 / 4) x ct11.

NoiseCorr (*.nco): сохраняются данные корреляции шума независимо от того, какое измерение шума активно или отображено на экране. Файл *.nco — это корреляционная матрица шума, выраженная в виде T-параметров (**Ct11, Ct21, Ct12, Ct22**). Это те же самые параметры, что и шумовые параметры **NCorr_11, NCorr_21, NCorr_12, NCorr_22,** которые могут отображаться на экране в виде графиков.

Когда векторная калибровка отключена, для этих данных устанавливается значение –200 дБм.

Порядок запуска диалогового окна Noise Figure Setup (Настройка измерения коэффициента шума)

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки

Freq > ***Main*** > **NF Setup...**

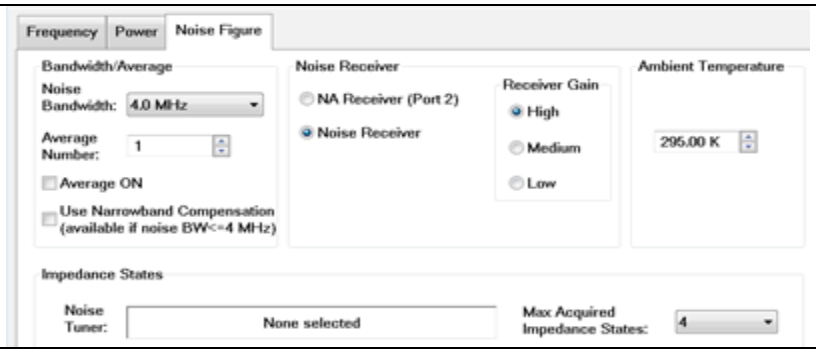
Команды программирования

С помощью мыши

Щелкните по **Stimulus**

Выберите **NF Setup...**

Справка диалогового окна **Noise Figure Setup (Настройка измерения коэффициента шума)**



Примечание. В данной теме термин **джиттер** используется для описания колебаний между графиками во время измерения. В других темах это называется шумом трассы.

Bandwidth/Average (Полоса пропускания / среднее)

Следующие настройки совместно обеспечивают достижение оптимального соотношения между точностью и скоростью измерения.

Noise Bandwidth (Ширина полосы шумов): увеличьте ширину полосы, чтобы уменьшить количество шума трассы при измерении мощности шума или коэффициента шума (джиттер). Однако следует учитывать, что более широкая полоса снижает разрешение измерения по частоте. Настройка ширины полосы шумов всегда должна быть меньше ширины полосы испытуемого устройства. Эта настройка используется только при измерении мощности шума и не зависит от настройки ширины полосы ПЧ, которая используется для измерения S-параметров.
Коэффициент шума вычисляется с помощью полученных в результате измерения значений мощности шума и S-параметров.

Калибровка и измерения должны выполняться с использованием ОДНОЙ И ТОЙ ЖЕ ширины полосы шума. Если изменить ширину полосы шумов после калибровки, результаты измерения коэффициента шума могут измениться на 0,5 дБ и более, в зависимости от диапазона частот, усиления и коэффициента шума испытуемого устройства.

Примечание. Ширина полосы шумов может автоматически регулироваться на низких частотах согласно следующей таблице. На каждой частоте точки данных, если заданная ширина полосы шумов больше указанной в таблице, она устанавливается на максимальное значение, приведенное в таблице.

	Полосы ВЧ			
	10–25 МГц	25–60 МГц	60–150 МГц	Свыше 150 МГц
Допустимая ширина полосы шумов	0,8 МГц 2 МГц	0,8 МГц 2 МГц 4 МГц	0,8 МГц 2 МГц 4 МГц 8 МГц	0,8 МГц 2 МГц 4 МГц 8 МГц 24 МГц 36 МГц

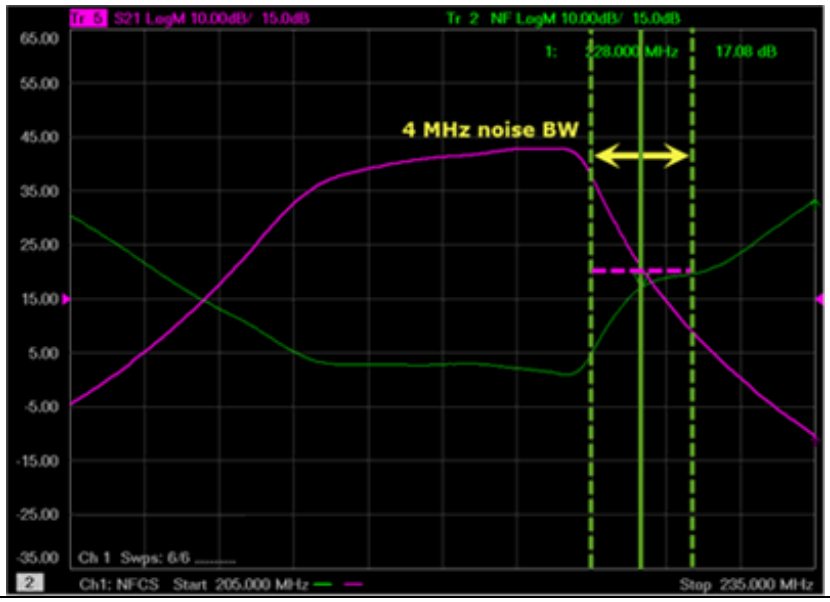
Примечание. Метод калибровки Use Power Meter (Использовать измеритель мощности) НЕДОСТУПЕН при ширине полосы шумов **8** или **24 МГц.**

Average Number (Количество усредненных): увеличьте количество усредняемых значений, чтобы сократить джиттер. Это также снижает скорость измерения. Для достижения максимальной точности пользуйтесь следующими рекомендациями по калибровке шума. Когда используются приемники шума, рекомендуется усреднение по 10 значениям шума.
Когда используются стандартные приемники, рекомендуется усреднение не меньше чем по 100 значениям.

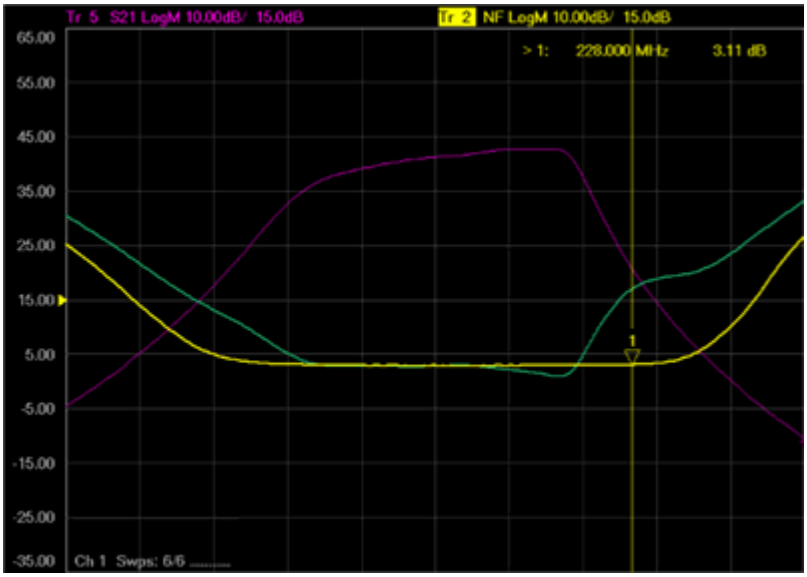
Во время измерения усиление на испытуемом устройстве помогает преодолеть шум приемников VNA, поэтому количество усредняемых значений шума можно уменьшить, чтобы улучшить скорость измерения, без ущерба или почти без ущерба для точности измерения.

Use Narrowband Compensation (Использовать узкополосную компенсацию)

В математических расчетах коэффициента шума предполагается, что усиление на испытуемом устройстве постоянно по всей полосе пропускания приемника шума. На следующем рисунке показан случай, когда усиление (S21) на испытуемом устройстве резко падает за пределами области полосы пропускания. Когда VNA измеряет коэффициент шума на частоте, обозначенной сплошной вертикальной линией, с использованием ширины полосы шумов 4 МГц, стандартные расчеты коэффициента шума исходят из того, что усиление равно своему значению в срединной точке (пунктирная горизонтальная линия) по всей ширине полосы 4 МГц. Это предположение ведет к тому, что используется комплексное значение произведения коэффициента усиления на ширину полосы, которое меньше фактического значения, что в свою очередь дает слишком большое значение коэффициента шума. Именно поэтому отображаемое значение коэффициента шума на этой частоте и смежных частотах образует выпуклость на графике.



На следующем рисунке показана узкополосная компенсация: измерения на испытуемом устройстве объединяются с характеристиками приемника шума, что компенсирует изменения усиления на испытуемом устройстве в полосе пропускания приемника. Это дает в результате более точное значение произведения коэффициента усиления на ширину полосы для системы. Обратите внимание, что после применения узкополосной компенсации с графика измерений коэффициента шума исчезли вершины и впадины.



Примечания по использованию узкополосной компенсации

Может использоваться либо с опцией 028 (измерения коэффициента шума с использованием стандартных приемников), либо с опцией 029 (полностью скорректированный коэффициент шума).

При использовании опции 029 (приемник NF) узкополосная компенсация доступна только для полос 800 кГц, 2 МГц и 4 МГц.

При использовании опции 028 (стандартные приемники VNA) **ОБЯЗАТЕЛЬНО ТРЕБУЕТСЯ** изменить конфигурацию перемычек на передней панели. Узнайте, как это сделать.

Может использоваться как при скалярной, так и при векторной калибровке NF либо в канале NF, либо в канале NFX.

Состояние ON/Off (Вкл./Выкл.) не влияет на калибровку. Другими словами, неважно, включена ли узкополосная компенсация или нет во время выполнения калибровки шума.

Применяется только при выполнении скорректированных измерений на испытуемом устройстве. Если корректировка отключена, она не влияет на измерение.

Может быть включена или выключена, когда канал NF находится в режиме удержания, и график NF изменится соответствующим образом. В повторной развертке нет необходимости.

Noise Receiver (Приемник шума)

NA (Network Analyzer) Receiver (Приемник анализатора цепей) (опция 028): для измерения коэффициента шума используется стандартный приемник анализатора VNA.

Подключите испытуемое устройство к любому порту VNA. При выполнении векторных измерений коэффициента шума подключите тюнер шума к порту источника.

Коэффициент усиления плюс коэффициент шума испытуемого устройства минус потери в кабелях должно равняться не менее 40 дБ **(G+ NF – потери > 40 дБ).** В этом случае мощность шума на испытуемом устройстве будет достаточна для проведения измерений с помощью VNA. Подробнее.

Может потребоваться дополнительная фильтрация. Подробнее.

Noise Receiver (Приемник шума) (опция 029): для измерения коэффициента шума используются внутренние малошумные приемники.

Опция 029 позволяет выполнять измерения на устройствах со значением коэффициента шума в диапазоне приблизительно от 0 до 50 дБ и устройствах с коэффициентом УСИЛЕНИЯ в диапазоне приблизительно от –40 до +60 дБ. Подробнее.

Измерения на усилителях с более высоким коэффициентом усиления возможны при добавлении аттенюатора на выходе испытуемого устройства и использовании функции устранения влияния оснастки с целью удаления потерь на аттенюаторе. Альтернативный вариант измерения устройств с большим усилением — применение стандартных приемников (опция 028), так как у них выше уровень компрессии.

Receiver Gain (Усиление на приемнике)

Эта настройка НЕДОСТУПНА, когда в настройке Noise Receiver (Приемник шума) выбран вариант **NA (Network Analyzer) Receiver** (опция 028).

Зная усиление на испытуемом устройстве, задайте подходящий уровень усиления, чтобы оптимизировать уровень мощности на приемнике шума.

Следующие значения соответствуют СУММЕ усиления на испытуемом устройстве (дБ) **И** коэффициента шума (дБ). Пример: усиление на испытуемом устройстве = 20 дБ; коэффициент шума = 10 дБ; СУММА = 30 дБ.

Выберите значение **High** (Высокий), если эта СУММА относительно мала (< 30 дБ).

Выберите значение **Medium** (Средний), если СУММА средняя (20–45 дБ). Выберите значение **Low** (Низкий), если СУММА относительно велика (> 35 дБ).

Эти настройки в существенной мере накладываются друг на друга. Поскольку все три настройки усиления калибруются при каждой калибровке шума, эта настройка может быть изменена после калибровки, чтобы свести к минимуму джиттер без перегрузки приемника шума.

Когда мощность на приемнике шума слишком велика, появляется одно из следующих сообщений.

Compression in noise receiver: excess signal (Компрессия на приемнике шума: избыточный сигнал): возможно, на приемнике шума происходит компрессия. Результаты измерения коэффициента шума могут быть неточными. Выберите более низкие настройки усиления.

Compression in noise receiver: gain has been limited (Компрессия на приемнике шума: усиление было ограничено): усиление было ограничено во избежание повреждения приемника. Результаты измерения коэффициента шума НЕТОЧНЫ. Выберите более низкие настройки усиления.

ADC over-range in noise receiver: excess signal (Выход за диапазон ADC на приемнике шума: чрезмерный сигнал): во время измерения коэффициента шума это часто происходит из-за сигнала с непрерывной волной, осцилляции или проникновения сигнала гетеродина. Выявите и устраните причину или попробуйте задать более низкое усиление.

По всему частотному диапазону измерения шумов может использоваться лишь ОДНА настройка усиления. Следовательно, чтобы получить максимально точное значение коэффициента шума, может понадобиться использовать два канала шумов с разными диапазонами частот и настройками усиления.

Ambient Temperature (Температура окружающей среды)

Примечание. Эта настройка используется только для калиброванных измерений коэффициента шума и не влияет на некалиброванный канал измерения коэффициента шума. Значение по умолчанию используется для некалиброванных измерений.

Введите эквивалентную температуру на порту 1 в момент измерения в кельвинах (К). Для измерения температуры входного кабеля может использоваться термометр.

В случае полной векторной коррекции это температура тюнера Ecal (31 °C или 304,15 К) за вычетом потерь в кабеле, соединяющем тюнер и испытуемое устройство; и внутренние, и внешние модули Ecals, используемые в качестве тюнеров, оснащены одинаковыми встроенными нагревателями для нагрева до 31 °C.

В случае скалярной калибровки это температура внутренней нагрузки (например, внутреннего ступенчатого аттенюатора) за вычетом потерь в кабеле; обычно она составляет около 297 К.

Компенсация потерь в кабеле вычисляется по формуле: Tambient_setting=Tpna_source*|S21|^2+(1-|S21|^2)*Tcable, где S21 — потери в кабеле порта 1, Tcable — температура кабеля, а Tpna_source — либо температура модуля Ecal, используемого в качестве тюнера, в случае векторной калибровки, либо температура внутренней нагрузки в случае скалярной калибровки. Температура модуля Ecal обычно равна 304,15 К, внутренней нагрузки — около 297 К (если аттенюатор установлен на 10 дБ и больше) или 303 К, если аттенюатор внутреннего источника установлен на 0. Аттенюатор физически расположен рядом с впуском воздуха, поэтому его температура очень близка к температуре окружающей среды снаружи прибора, однако с настройкой 0 дБ температура внутреннего источника становится эффективной температурой на входе, которая немного выше (примерно на 6 градусов) температуры окружающей среды.

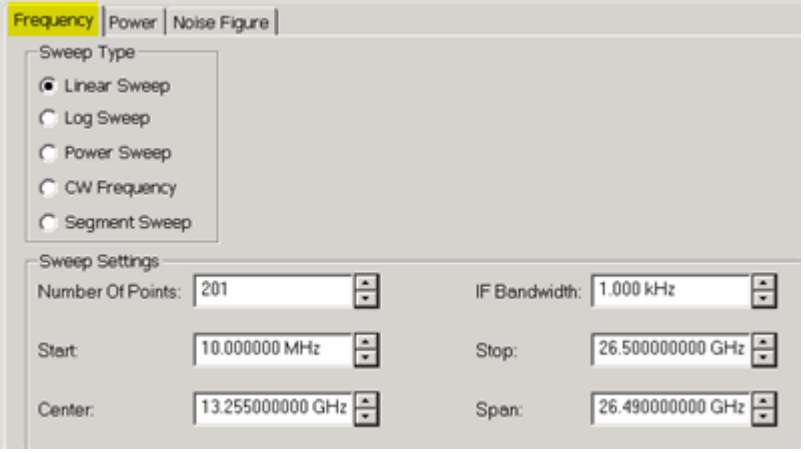
Это значение температуры окружающей среды обратно пропорционально коэффициенту шума. При использовании формата эффективной шумовой температуры (Te) повышение температуры окружающей среды на 3 градуса приведет к тому, что результат калибровочного измерения будет ниже на 3 градуса, что повлияет на последующие измерения коэффициента шума. Можно измерить эквивалентную температуру порта 1 напрямую, соединив порт 1 с портом 2 перемычкой с низкими потерями и непосредственно измерив среднее значение. Поскольку значение шума будет довольно низким, для нахождения этого значения следует использовать усреднение или статистику графика.

Impedance States (Состояния импеданса)

Noise Tuner (Тюнер шума): здесь отображается модуль ECal, который будет использоваться в качестве тюнера шума. Выберите тюнер шума во время калибровки в диалоговом окне Select Cal Method (Выбор метода калибровки).

Max Acquired Impedance States (Макс. число полученных состояний импеданса): выберите количество состояний импеданса, в которых требуется выполнить измерения шума. Требуется не меньше ЧЕТЫРЕХ состояний импеданса.

Справка диалогового окна **Noise Figure — вкладка Frequency (Частота)**



Эти настройки также могут быть заданы в обычных окнах VNA. Щелкните по ссылкам ниже, чтобы узнать больше.

Sweep Type (Тип развертки)

Выберите тип развертки. Подробнее.

Примечания по сегментированной развертке

Таблица сегментов, показанная в диалоговом окне, отображается в режиме **«ТОЛЬКО ДЛЯ ЧТЕНИЯ»**. Узнайте о том, как создавать и изменять таблицы сегментированной развертки.

Независимые параметры ширины полосы ПЧ и мощности НЕДОСТУПНЫ.

Расстояние между точками по оси X доступно начиная с версии A.09.10.

Sweep Settings (Настройки развертки)

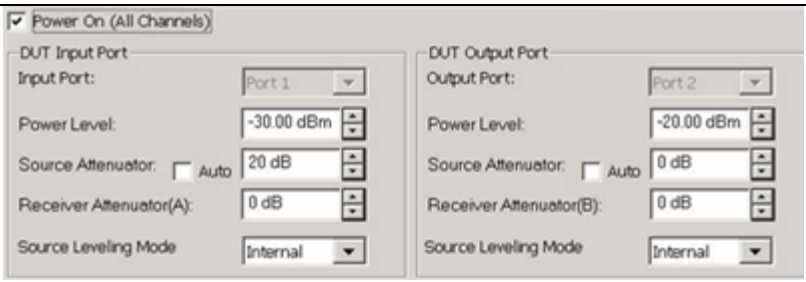
Щелкните по каждой настройке, чтобы узнать больше.

Number of points (Число точек)

IF Bandwidth (Ширина полосы ПЧ). Эта настройка важна для повышения точности измерения коэффициента шума. Подробнее.

Start/Stop, Center/Span (Начальная/конечная частоты, центральная частота/ширина полосы).

Справка диалогового окна **Noise Figure — вкладка Power** (Мощность)



Примечание. От настроек мощности S-параметров зависит точность измерений коэффициента шума. См. советы по измерению коэффициента шума.

На этой вкладке можно настроить мощность ВЧ-сигнала для измерений S-параметров, которые выполняются перед измерениями шума. Мощность на входе испытуемого устройства во время измерений шума ОТКЛЮЧЕНА.

Эти настройки также могут быть заданы в обычных окнах настройки мощности. **Power ON (All channels)** (Мощность ВКЛ. (Все каналы)): поставьте этот флажок, чтобы включить мощность ВЧ-сигнала для всех каналов. **DUT Input Port (Входной порт испытуемого устройства)**

Опция 028: выберите порт VNA, который должен быть соединен с входом испытуемого устройства. Опция 029 (Скалярный коэффициент шума): выберите порт VNA, кроме порта 2. Опция 029 (векторный коэффициент шума): вход испытуемого устройства МОЖНО подключить к любому порту VNA, кроме порта 2. Однако без переключателя обвода тюнера шума измерения в других каналах, для которых используется тот же порт источника, всегда будут проходить через тюнер шума. Тюнер должен быть подключен к контуру источника выбранного порта.

Примечание. От уровней входной мощности зависит точность измерений коэффициента шума. Подробнее.

Power Level (Уровень мощности): мощность на входе испытуемого устройства во время измерений S-параметров.

Source Attenuator Auto (Аттенюатор источника: авто): поставьте флажок для автоматического выбора корректного ослабления для достижения заданной мощности на входе. Снимите флажок и затем выберите настройку аттенюатора, используемую для достижения заданного уровня мощности. Подробнее об аттенюации источника..

Для всех каналов анализатора VNA, работающих с непрерывной разверткой, должна быть задана одинаковая настройка ослабления. Подробнее.

Receiver Attenuator (Аттенюатор приемника): задайте настройку аттенюатора приемника для входного порта.

Source Leveling (Выравнивание источника): укажите режим выравнивания. Выберите вариант Internal (Внутренний). Режим Open Loop должен использоваться только при выполнении широкополосных импульсных измерений (недоступно при измерениях коэффициента шума).

DUT Output Port (Выходной порт испытуемого устройства)

Опция 028: выберите порт VNA, который должен быть соединен с выходом испытуемого устройства. Опция 029: соедините выход испытуемого устройства с портом 2 VNA.
Output Power (выходная мощность): задайте уровень мощности, подаваемой на выходной порт, для обратных ходов развертки. Мощность порта автоматически делается несвязанной. На испытуемом устройстве всегда выполняются обратные ходы развертки, когда применяется полная двухпортовая коррекция. Расширенная калибровка по АЧХ при измерениях коэффициента шума НЕДОСТУПНА.

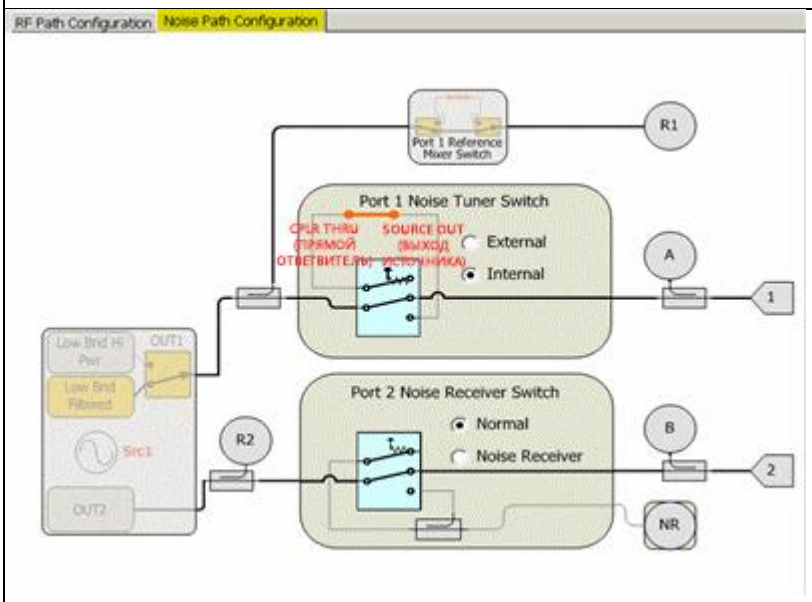
Source Attenuator (Аттенюатор источника): задайте настройку аттенюатора источника для обратной мощности.

Receiver Attenuator (Аттенюатор приемника): задайте настройку аттенюатора приемника для выходного порта. Подробнее об аттенюации приемника.

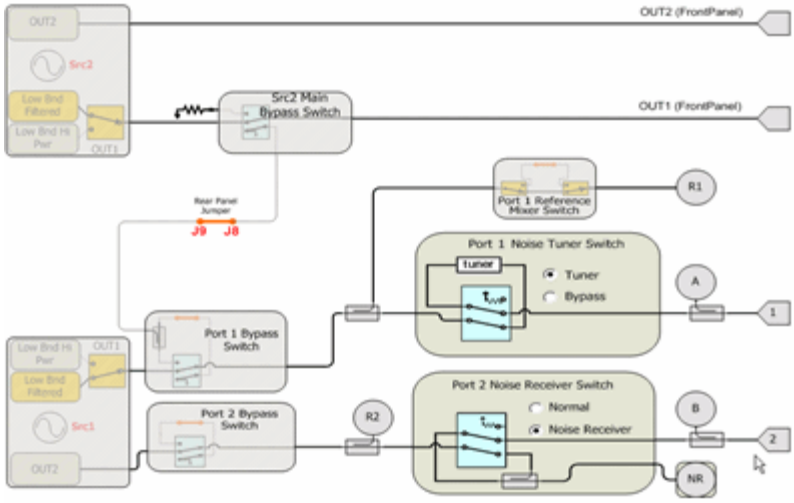
Source Leveling (Выравнивание источника): укажите режим выравнивания. Выберите вариант Internal (Внутренний).

Справка диалогового окна **Noise Path Configurator (Конфигуратор тракта измерения шума)**

Модели на 26,5 ГГц



Модели на 50 ГГц (Опция 029)



Port 1 Noise Tuner Switch (Переключатель тюнера шума, порт 1) (опция 029)

26,5 ГГц

Оранжевая линия между прямым блоком сопряжения (CPLR THRU) и выходом источника (SRC OUT) обозначает тюнера шума.

External (Внешний): выберите внешний тюнер шума для выполнения измерений коэффициента шума.

Internal (Внутренний): выберите для обхода внешнего тюнера шума.

Модели на 50 ГГц

Tuner (Тюнер): означает встроенный тюнер шума.
Bypass (Обход): позволяет обойти встроенный тюнер.

Port 2 Noise Receiver Switch (Переключатель приемника шума, порт 2) (опция 029, все модели): позволяет выполнять измерения с помощью приемника шума.

Для предотвращения преждевременного износа указанных выше переключателей шумов анализатор VNA не разрешает переключать их во время свипирования канала измерения шума и какого-либо другого канала. Чтобы выполнять измерения коэффициента шума и измерения другого типа в разных каналах и при этом непрерывно запускать и те и другие измерения, установите эти переключатели в то же положение, что и для канала измерения шума.

Когда активен **канал не связанных с шумами измерений,** перейдите в конфигуратор тракта измерения шума.

Установите переключатель тюнера шума в положение **External.** Мощность источника будет направлена в контуры на передней панели и на тюнер шума, если он подключен. Используйте CONT:ECAL:MOD:PATH:STATE, чтобы установить для внутреннего состояния тюнера шума значение THRU, при котором возникают небольшие дополнительные потери в тракте источника.

Установите переключатель приемника шума в положение **Noise Receiver** (Приемник шума).

Советы по измерению коэффициента шума

Примечание. В данной теме термин **джиттер** используется для описания колебаний между графиками во время измерения. В других темах это называется шумом трассы.

Опция 029

См. опцию 028 (измерения коэффициента шума со стандартным приемником)

Позволяет выполнять измерения на устройствах со значением коэффициента шума в диапазоне приблизительно от 0 до 50 дБ и устройствах с коэффициентом УСИЛЕНИЯ в диапазоне приблизительно от –40 до +60 дБ.

Наибольшая точность коэффициента шума достигается, когда сумма коэффициента шума и коэффициента УСИЛЕНИЯ составляет от 0 дБ до +70 дБ.

Для обеспечения максимальной точности коэффициента шума и стабильности электрические потери между выходом испытуемого устройства и портом 2 VNA должны быть сведены к минимуму, насколько это возможно.

Уровень мощности на выходе испытуемого устройства — опция 029

Перед каждой серией измерений шума выполняются измерения усиления на испытуемом устройстве с использованием S-параметров. Джиттер при измерениях S-параметров прямо соответствует джиттеру при измерениях шума.

Для получения максимально точного значения коэффициента шума уровень мощности на выходе испытуемого устройства должен быть на 15–20 дБ ниже точки компрессии испытуемого устройства во время измерения S-параметров при измерениях шума.

Для уменьшения джиттера уровень мощности на приемнике B (порт 2) должен быть выше приблизительно –20 дБм. При уровне мощности значительно ниже –20 дБм измерения S-параметров содержат больше джиттера. Мощность должна быть ниже +10 дБм, так как у приемника B при этом уровне начинает появляться компрессия, однако никаких предупреждений или комментариев об этом условии при измерении S-параметров не выдается.

Лучший способ отслеживать мощность на приемнике B — вывести на экран измерение B,1. Установив и включив испытуемое устройство, измените подаваемую на него входную мощность и обратите внимание на мощность на приемнике B.

В случае испытуемых устройств с малым усилением используйте аттенюацию источника на 5 дБ, чтобы улучшить нескорректированное согласование порта 1.

В случае испытуемых устройств с большим усилением может потребоваться аттенюация источника и приемника. Используйте настолько низкие значения аттенюации, насколько это возможно.

Достижение оптимального уровня мощности **во время калибровки** также может быть непростой задачей, поскольку калибровка выполняется без испытуемого устройства. По этой причине во время калибровки часто необходимо выбирать более высокий уровень мощности источника, чем при измерении. В этом случае в строке состояния будет отображаться надпись «CD». Результаты измерений будут точными, если ступенчатые аттенюаторы и другие переключатели конфигурации находятся в одном и том же положении и все приемники остаются в своем линейном диапазоне (ниже +10 дБм).

Определить оптимальные настройки мощности и аттенюации как для калибровки, так и для последующих измерений шума лучше всего **до** выполнения калибровки.

Ширина полосы пропускания по промежуточной частоте

Джиттер также можно уменьшить, сузив ширину полосы ПЧ. Если калибровку требуется выполнить при низком уровне мощности источника или с аттенюацией приемника ввиду большого усиления на испытуемом устройстве, то ширину полосы ПЧ во время калибровки следует уменьшить в целях снижения джиттера. После этого ширину полосы ПЧ можно увеличить для улучшения скорости измерения. При изменении ширины полосы ПЧ после калибровки надпись «CD» можно игнорировать.

Настройки шума

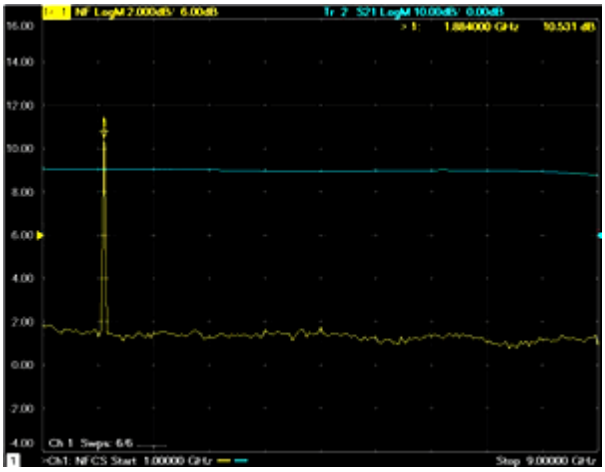
Полное описание этих важных настроек содержится в справке диалогового окна Noise Figure (Коэффициент шума).

Температура

Измерения коэффициента шума чрезвычайно чувствительны к температуре. Поэтому требуется точное измерение температуры для двух параметров: температуры на входе испытуемого устройства и температуры на соединителе генератора шума.

Помехи

При измерении коэффициента шума неэкранированного устройства, такого как усилитель на печатной плате, довольно часто возникают помехи от внешних сигналов, например мобильных телефонов, беспроводной локальной сети или раций. Такие помехи проявляются в виде единичных пиков в измерениях, как показано ниже.



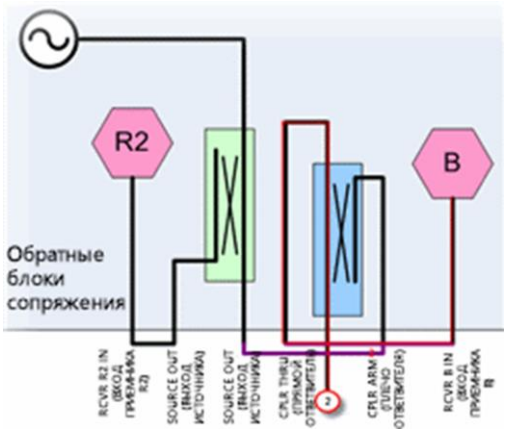
Обычно помехи отрицательно сказываются на измерениях коэффициента шума только на той частоте, на которой они наблюдаются. Тем не менее, если помехи достаточно сильны и присутствуют постоянно, они могут вызвать компрессию на приемниках шума, что внесет неточность в измерения на многих частотах. В таких ситуациях измерения коэффициента шума должны производиться в экранированной среде, например в специальном экранированном помещении.

Опция 028

Коэффициент шума приемника VNA: опция 028 дает возможность измерять коэффициент шума с помощью стандартного приемника VNA. Для обеспечения максимальной точности измерений избыточная мощность шума на испытуемом устройстве, которая получается путем сложения усиления и коэффициента шума и вычитания потерь в кабелях в дБ (G + NF – потери), должна быть не меньше коэффициента шума приемника. Обычно это не проблема в случае устройств с очень высоким коэффициентом усиления, например преобразователей с усилением около 60 дБ.

Если испытуемое устройство НЕ является устройством с очень высоким коэффициентом усиления, можно изменить конфигурацию перемычек на передней панели VNA для повышения чувствительности приемника.

Изменение конфигурации перемычек на передней панели: в этой конфигурации положение главного плеча и сдвоенного плеча блока сопряжения измерительного порта меняется на обратное (см. рисунки далее). Это усиливает сигнал, поступающий на порт приемника, примерно на 15 дБ, при этом доступная мощность на порте настолько же снижается. Для измерений коэффициента шума это разумный компромисс.



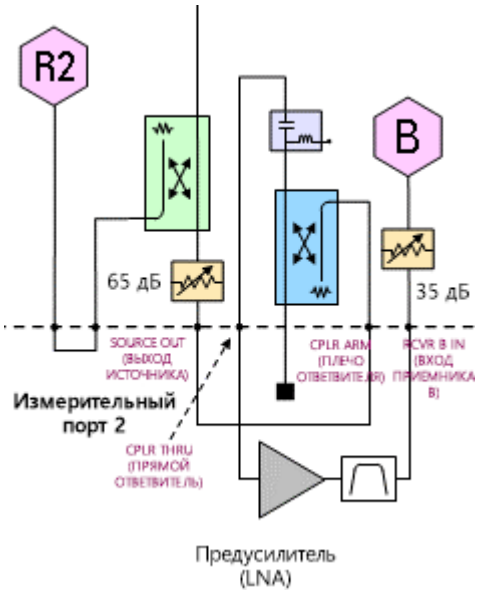
Блок-схема, показывающая главное плечо прямого блока сопряжения порта 2 к приемнику B.

Установите перемычки **порта приемника** на передней панели вертикально, как показано на этом фото.

В следующей таблице указан избыточный шум, **необходимый** на разных частотах. Эти значения указаны для конфигурации перемычек на передней панели, приведенной выше.

Частотный диапазон	Требуемая избыточная мощность шума
До 20 ГГц:	30 дБ
До 50 ГГц:	40 дБ
До 67 ГГц:	45 дБ

При работе с устройствами, которые НЕ отвечают эти требованиям, необходимо добавить усилитель с низким уровнем шума в контур приемника (см. следующий рисунок). Это увеличивает мощность шума на приемнике на величину усиления малошумного усилителя. Недостатком этого решения является возможность дрейфа при измерениях и компрессия на приемнике. Любое изменение усиления на малошумном усилителе повлияет на измерения, для которых используется приемник с малошумным усилителем, поэтому, возможно, потребуется частая калибровка. Следует также с осторожностью выбирать мощность в канале (используемую во время измерения S-параметров при калибровке и измерения усиления на испытуемом устройстве), чтобы добавочное усиление малошумного усилителя не вызвало повреждений или компрессии на приемнике. Кроме того, необходим фильтр на выходе малошумного усилителя. Подробнее.



Требование к фильтрации (опция 028)

Опция 029 включает приемники шума с фильтрацией, предотвращающей шум смесителя в приемниках с низким уровнем шума. Эти фильтры недоступны при выполнении измерений с использованием стандартного приемника VNA. Следовательно, для достижения максимальной точности измерений необходимо использовать фильтр на выходе испытуемого устройства (или предусилитель малошумного усилителя, если таковой используется).

Всегда можно использовать полосовой фильтр на желаемых частотах.

Может использоваться низкочастотный фильтр, если анализатор VNA выполняет смешение на основной частоте (до 26,5 ГГц). Этот низкочастотный фильтр должен пропускать основную частоту измерения и подавлять третью гармонику. Для измерения на частоте 1 ГГц потребуется низкочастотный фильтр со срезом ниже 3 ГГц, а для измерения на частоте 5 ГГц потребуется фильтр со срезом ниже 15 ГГц.

Во многих случаях может использоваться один высокочастотный фильтр, если анализатор VNA выполняет смешение на третьей гармонике (от 26,5 до 67 ГГц). Для измерений на частоте до 50 ГГц используйте высокочастотный фильтр со срезом на частоте около 18 ГГц. При работе на частоте до 67 ГГц частота среза фильтра должна быть выше 23 ГГц.

Использование графиков коэффициента шума в редакторе формул

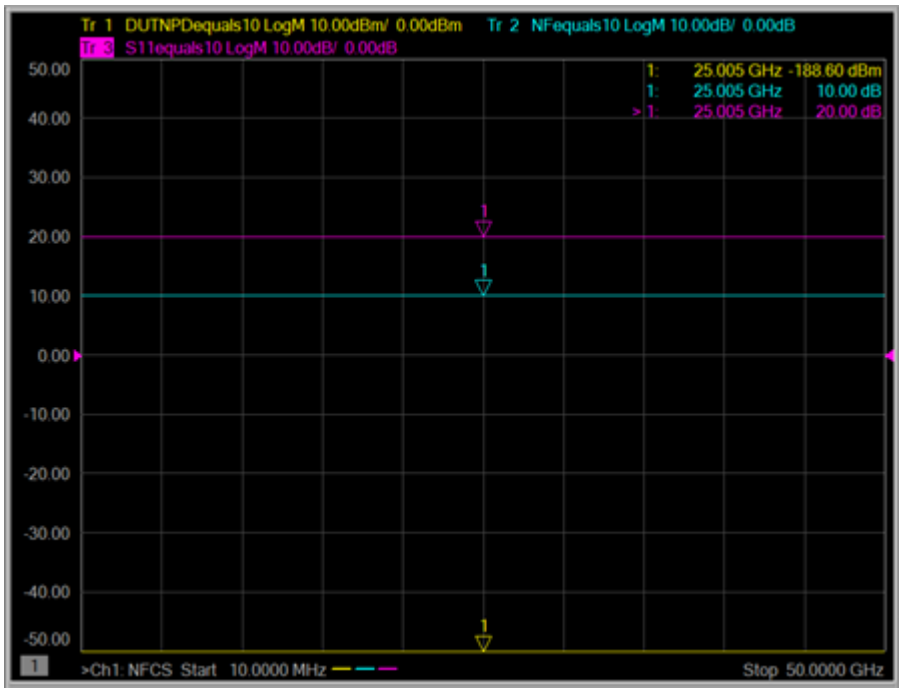
Величиной, лежащей в основе графика мощности шумов, является шумовая температура.

10*log10(температура * 1000 мВт/Вт * 1,38e-23)

(1,38e–23 — постоянная Больцмана)

Каждый раз, когда вы используете редактор формул на графике мощности шума, формат логарифмической амплитуды применяет указанную выше формулу. Поэтому сначала выберите **ДЕЙСТВИТЕЛЬНУЮ ЧАСТЬ**, а затем сгенерируйте формулу.

Ниже приведен пример экрана с тремя графиками: DUTNPD (плотность мощности шума испытуемого устройства), NF (коэффициент мощности) и S11, при этом формула имеет вид «***=10». Обратите внимание, что формат для измерений коэффициента шума отличается от формата измерений мощности шума или температуры.



Устойчивость к радиочастотному электромагнитному полю

Когда на анализатор VNA с опцией 029 действует радиочастотное электромагнитное поле 3В/м-1 согласно стандарту МЭК 61000-4-3:1995, может наблюдаться ухудшение эффективности работы. Если частота поля падающего излучения совпадет с частотой измеряемого коэффициента шума или усиления, отображаемые на экране значения будут отклоняться от ожидаемых. Это явление будет затрагивать только данную частоту, а во всех других точках частотной выборки анализатор будет работать в соответствии со своими техническими характеристиками.

Возможно, анализатору VNA с опцией 029 не удастся выполнить калибровку в выбранной точке частоты, если эта частота совпадет с частотой поля падающего электромагнитного излучения.

Приложение Noise Figure для преобразователей

В данной теме рассматривается приложение Noise Figure для преобразователей.

Требования и ограничения
Настройка оборудования
Создание измерения NFX
Параметры NFX
Допустимые сочетания конфигурации смесителя и типа развертки

Вкладка Frequency (Частота)
Вкладка Power (Мощность)
Вкладка Noise Figure Setup (Настройка измерения коэффициента шума)
Вкладка Mixer Frequency (отдельная тема)
Вкладка Mixer Power (отдельная тема)
Вкладка Mixer Setup (отдельная тема)

Следующая общая информация (содержащаяся в разделе о приложении Noise Figure для усилителей) также относится к измерениям с помощью приложения NFX:

Выполнение калибровки
Советы по измерению коэффициента шума
Модель шума и корреляционная матрица шума

Другие темы, связанные с приложениями

Требования и ограничения

Для измерения коэффициента шума на преобразователях требуются приложения Noise Figure (опция 028 или 029 и S93029A) и FCA (опция S93082A или S93083A).

Ограничения

ТОЛЬКО повышающие ИЛИ понижающие преобразователи (но не оба типа одновременно). Подавление помех от зеркального канала в NFX НЕДОСТУПНО.

Следующие функции анализатора VNA НЕДОСТУПНЫ при использовании приложения NFX:

Свипирующая развертка (только режим пошаговой развертки)

Независимые параметры IFBW (Ширина полосы ПЧ), Power Levels (Уровни мощности) или Sweep Time (Время развертки) в таблице сегментов НЕ поддерживаются.

Логарифмическая частотная развертка

Пользовательские характеристики с модулями ECal

Временная область

Сбалансированные измерения

Сохранение данных форматируемых файлов Citifile Управление интерфейсом

Некоторые функциональные возможности по удалению влияния измерительной оснастки

Управление внешним измерительным блоком (опция S93551A)

Внешние устройства постоянного тока

Импульсные измерения

См. ограничения по частоте

Опция 205 или опция 425

Измерения со встроенным гетеродином в NFX ПОДДЕРЖИВАЮТСЯ. Подробнее.

Настройка оборудования

Анализатор VNA-X чрезвычайно гибок и может быть настроен во множестве конфигураций для выполнения измерений с помощью NFX. В данном документе описаны не все возможные конфигурации. Приведены примеры лишь самых распространенных из них для иллюстрации основных понятий.

Конфигурация испытуемого устройства

Подробнее о подключении входа и выхода испытуемого устройства к VNA.

Гетеродин испытуемого устройства может быть подключен к внешнему источнику ИЛИ внутреннему второму источнику VNA (если есть).

Источник сигнала гетеродина следует выбрать на вкладке Mixer Setup (Настройка смесителя).

Примечание**.** Шум, присутствующий в источнике сигнала гетеродина, будет передаваться напрямую на выход испытуемого устройства. Этот шум НЕЛЬЗЯ исключить из измеряемого шума путем калибровки. Поэтому выберите малошумный источник для гетеродина, такой как источник Keysight ESG или PSG, который лучше внутреннего источника VNA.

Подключение внешнего источника сигнала гетеродина через порт 3 или порт 4 (только 4-портовая модель VNA-X)

Подключите гетеродин испытуемого устройства к порту 3 или порту 4 VNA-X.

Подключите внешний источник к задней панели J7 (Rear-panel load (Нагрузка на задней панели) на схеме ниже) для порта 3, J3 для порта 4.

Для порта 3 переключение НЕ требуется.

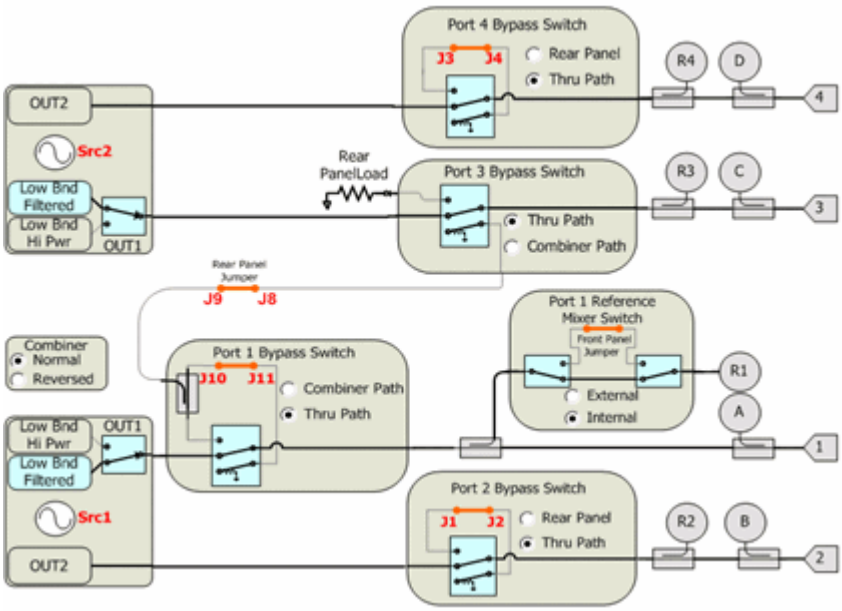
Для порта 4 установите переключатель обвода в положение Rear Panel (Задняя панель).

Внутренний источник сигнала гетеродина VNA-X

Выход 1 или выход 2 источника 2 (SRC 2 Out 1 или Out 2) на передней панели на модели VNA-X с 2 портами/2 источниками

Порт 3 **или** порт 4 **на 4-портовой модели VNA-X**

Источник 2 VNA для гетеродина на



Конфигуратор тракта — конфигурация по умолчанию в VNA-X (опция 423)

По умолчанию внутренний источник 2 (Src2) подключается через порты 3 и 4. Переключатели обвода должны быть в положении «Thru Path» (Прямое соединение).

Использование приложения Noise Figure

Следуйте описанной ниже общей процедуре выполнения измерений с помощью приложения Noise Figure.

Подключение тюнера и генератора шума.

Создание измерения Noise Figure.

Настройка параметров измерения коэффициента шума.

При использовании опций 029 и H29 скопируйте файл ENR генератора шума в папку VNA C:/Program Files/Keysight/Network Analyzer/Noise.

Выполнение калибровки

Подключите испытуемое устройство. Подробнее.

Измерьте коэффициент шума.

Необязательно: нажмите File, а затем Save, чтобы сохранить данные коэффициента шума в следующих форматах (доступно ТОЛЬКО при включенной коррекции коэффициента шума):

*.CTI Citifile

*.PRN

*.nco — данные корреляционной матрицы шума в формате S2P. См. раздел «Модель шума».

См. также: Советы по измерениям

Подключение тюнера шума и генератора шума

Подключите генератор шума к разъему 28 В на задней панели VNA-X. НЕ требуется для опции 028. Во время калибровки генератор шума включается и выключается автоматически по мере необходимости. Подключите тюнер шума к опорной плоскости порта 2 при появлении подсказки во время калибровки.

Подключите тюнер шума (модуль ECal). НЕ требуется при использовании моделей на 50 ГГц и выполнении скалярных измерений коэффициента шума.

На передней панели VNA снимите кабельную перемычку порта 1 между выходом источника (SOURCE OUT) и прямым блоком сопряжения (CPLR THRU). Опция 028 позволяет проводить измерения коэффициента шума с использованием любых двух портов VNA. Подсоедините тюнер шума к перемычкам на передней панели для порта источника (вход испытуемого устройства).

Подключите тюнер с соединителями «вилка»-«розетка» (N4691B-M0F), используя входящие в комплект поставки кабель (N5242-20137) и переход (85052-60013).

При использовании модуля ECal с соединителями «розетка»-«розетка» (N4691B-00F закажите 3,5-миллиметровый переход с соединителями «вилка»-«вилка» (85052-60014).

Создание измерения Noise Figure

На передней панели анализатора VNA нажмите **Meas** > ***S-Param*** > **Meas Class...**

Выберите Noise Figure Converters, а затем нажмите:

либо OK, чтобы удалить существующее измерение;

либо New Channel, чтобы создать измерение в новом канале.

Отобразится измерение коэффициента шума. Для добавления или изменения отображаемых параметров выполните следующие действия.

Параметры NFX

ДОБАВЛЕНИЕ параметров NFX

Создайте канал NFX. Затем выполните следующие действия.

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки	С помощью мыши
Нажмите **Trace** > ***Trace N*** > **Trace N**. Нажмите **Trace** > ***Trace Setup*** > **Measure...**	Нажмите Instrument Выберите Trace Выберите Add Trace Нажмите Instrument Выберите Trace Выберите Measure...

ИЗМЕНЕНИЕ параметров NFX

Создайте канал NFX.

Выберите параметр, который требуется изменить. Затем выполните следующие действия.

Выберите график, нажав **Trace** > ***Trace N*** > **Trace N**. Нажмите**Trace** > ***Trace Setup*** > **Measure...** Выберите параметр.	Щелкните правой кнопкой мыши по графику. Выберите параметр.

Команды программирования

В приложении NFX доступны те же шумовые параметры, что и в приложении Noise Figure. Подробнее.

Кроме того, в канале NFX доступны следующие параметры смесителя и параметры исходных данных приемника.

Параметры смесителя

SC21 — прямые вносимые потери преобразования

SC12 — обратные вносимые потери преобразования

S11 — согласование по входу

S22 — согласование по выходу

IPWR — мощность входного сигнала смесителя/преобразователя. То же, что R1 (источник 1).

OPWR — мощность выходного сигнала смесителя/преобразователя. То же, что B (источник 1).

RevIPWR — мощность, подаваемая на выход смесителя/преобразователя. То же, что R2 (источник 2).

RevOPWR — мощность, измеренная на входе смесителя/преобразователя. То же, что A (источник 2).

Параметры исходных данных приемника

Задайте приемник для выполнения измерения на частотах гетеродина 1, используя следующую нотацию:

<приемник>LO1

Пример: ALO1 или R1LO1

Задайте приемник для выполнения измерения с помощью порта источника, используя следующую нотацию:

<приемник>_<порт источника>

Пример: A_3 или R1_1

Порядок запуска диалогового окна Noise Figure Setup (Настройка измерения коэффициента шума)	
С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки	С помощью мыши
Freq > ***Main*** > **NFX Setup...**	Щелкните по Stimulus Выберите NFX Setup...

Допустимые сочетания конфигурации смесителя и типа развертки

В следующей таблице перечислены действительные конфигурации смесителя:

Sweep Type (Тип развертки)	Вход	Гетеродин	Выход
Линейная	**Режим со свипированием**	Режим со свипированием	Фиксированная
	Режим со свипированием	Фиксированная	Режим со свипированием
С непрерывной волной	**Фиксированная**	Фиксированная	Фиксированная
	Фиксированная	Режим со свипированием	Режим со свипированием

Для целей определения допустимой конфигурации смесителя с 2 гетеродинами один фиксированный гетеродин и один со свипированием равнозначны одноступенчатому гетеродину со свипированием.

Если будет создано недопустимое сочетание типа развертки и конфигурации смесителя, появится выделенное красным цветом сообщение, как показано ниже:

ERROR: Input range must be swept in Linear sweep mode

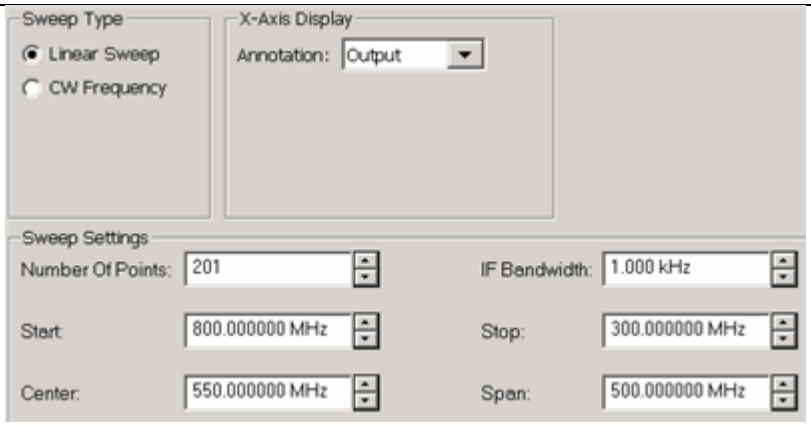
В этом случае измените тип развертки на вкладке Frequency (Частота).

См. другие правила настройки конфигурации смесителя.

В диалоговом окне настройки NFX доступны следующие вкладки.

- Frequency Power
- Noise Figure Setup
- Mixer Frequency (отдельная тема)
- Mixer Power (отдельная тема)
- Mixer Setup (отдельная тема)

Справка диалогового окна NFX Setup — вкладка Frequency (Частота)



Sweep Type (Тип развертки)

Linear (Линейная): используется для измерения параметров при свипирующем входном сигнале.

.

CW Frequency (Непрерывная волна): используется для измерения параметров при фиксированном по частоте входном сигнале.

X-Axis Display (Отображение на оси X)

Annotation (Подпись): выберите диапазон частот, который должен отображаться на оси X.

Sweep Settings (Настройки развертки)

Щелкните по настройке, чтобы узнать больше.

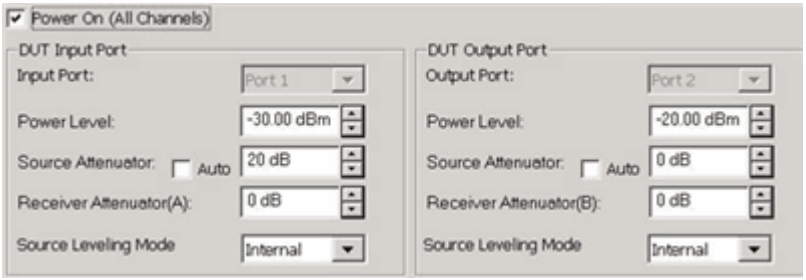
Number of points (Число точек)

IF Bandwidth (Ширина полосы ПЧ): для измерений с использованием стандартных приемников VNA. Эта настройка важна для повышения точности измерения коэффициента шума. Подробнее.

Start/Stop, Center/Span (Начальная/конечная частоты, центральная частота/ширина полосы).

Подробно о кнопках Load и Save для загрузки и сохранения файлов *.mxr и других кнопках в нижней части всех вкладок настройки NFX.

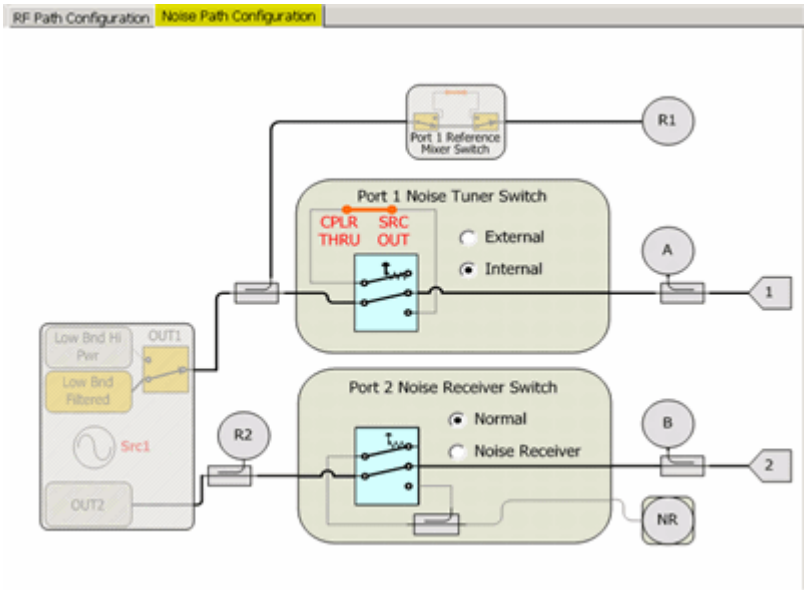
Справка диалогового окна **NFX Setup — вкладка Power (Мощность)**



Подробнее об этом диалоговом окне.

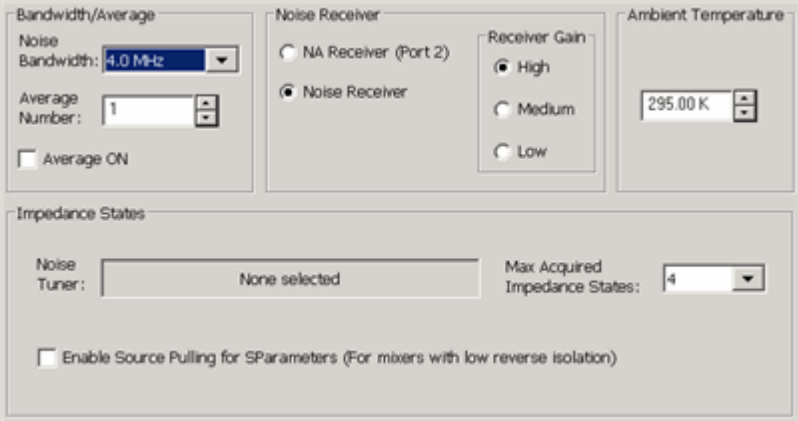
Подробно о кнопках Load и Save для загрузки и сохранения файлов *.mxr и других кнопках в нижней части всех вкладок настройки NFX.

Справка диалогового окна **Noise Path Configurator (Конфигуратор тракта измерения шума)**



Подробно об этом диалоговом окне и окне Path Configuration (Конфигурация тракта) для моделей на 50 ГГц.

Справка диалогового окна **NFx Noise Figure Setup (Настройка измерения коэффициента шума NFx)**



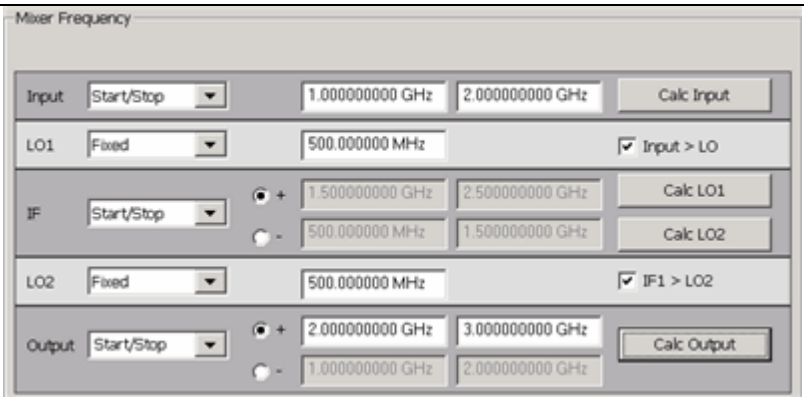
Это диалоговое окно идентично окну Noise Figure Setup приложения для усилителей, ЗА ИСКЛЮЧЕНИЕМ описанной далее настройки. Подробно об остальном содержимом этого диалогового окна.

Enable Source Pulling for S-Parameters (For mixers with low reverse isolation) (Разрешить Source pull для S-параметров (для смесителей с низкой развязкой)). Когда поставлен этот флажок, во время измерений S22 (согласования на выходе) тюнер шума переключается таким образом, чтобы на входе испытуемого устройства создавались различные состояния импеданса. На основе этих измерений параметр S22 вычисляется так, будто бы на входе наблюдается согласование 50 Ом. Это требует дополнительных ходов развертки. Поставьте этот флажок, если у преобразователя низкая развязка, как в том случае, когда в тракт выходного сигнала НЕ добавлен аттенюатор. В противном случае снимите этот флажок, так как он не улучшит измерения S22.

Точность измерения S22 имеет важнейшее значение при измерении S-параметров во время калибровки NFX.

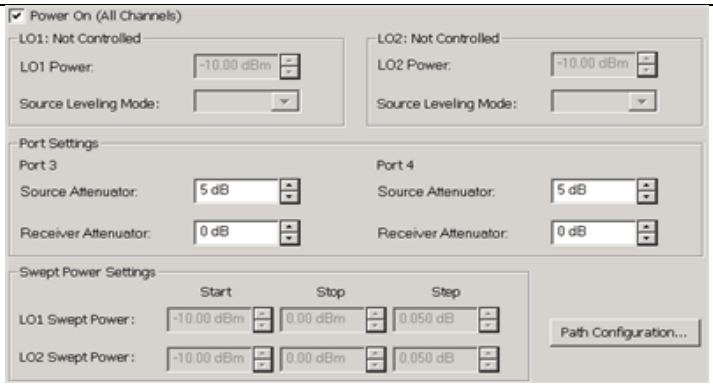
Подробно о кнопках Load и Save для загрузки и сохранения файлов *.mxr и других кнопках в нижней части всех вкладок настройки NFX.

Справка диалогового окна **NFX Setup — вкладка Mixer Frequency (Частота смесителя)**



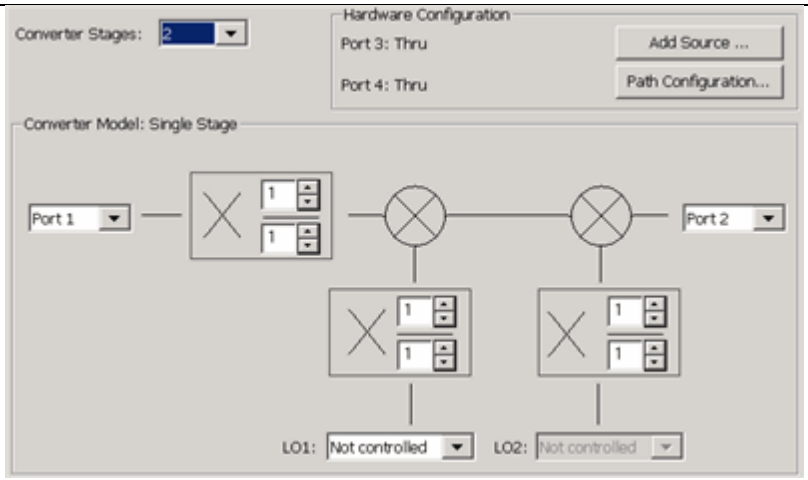
Подробнее об этом диалоговом окне.

Справка диалогового окна **NFX Setup — вкладка Mixer (LO) Power (Мощность (гетеродина) смесителя)**



Подробнее об этом диалоговом окне.

Справка диалогового окна **NFX Setup — вкладка Mixer Setup (Настройка смесителя)**



Подробнее об этом диалоговом окне.

Калибровка Noise Figure

Выбор метода калибровки
Настройка конфигурации генератора шума
Выбор соединителей испытуемого устройства и калибровочных комплектов
Этапы измерения мер
Калибровка NFX
Проверка калибровки генератора шума

См. приложения Noise Figure и NFX

Общие сведения о калибровке Noise Figure

Примечание. Результаты измерений Noise Figure НЕ будут точными без калибровки Noise Figure.

Калибровка NFX

Калибровка в приложении Noise Figure выполняется практически идентичным образом и для усилителей, и для преобразователей (NFX).

В NFX ОТСУТСТВУЕТ возможность калибровки ТОЛЬКО S-параметров. NFX включает дополнительную функцию калибровки мощности гетеродина.

При калибровке NFX может появиться сообщение об ошибке частоты калибровочного комплекта. Подробнее.

Калибровка приемников шума

Примечание. Термином «приемник шума» в данном документе называется приемник, который используется для измерения шума. Это может быть стандартный приемник VNA или специальные

Процесс калибровки для измерения коэффициента шума различается в зависимости от того, что используется для калибровки приемника шума — генератор шума или источник VNA (откалиброванный с помощью измерителя мощности).

Использование измерителя мощности

Когда в диалоговом окне Select Cal Method (Выбор метода калибровки) выбран вариант Use Power Meter (Использовать измеритель мощности), для определения характеристик приемника шума вместо генератора шума используется измеритель мощности. Этот процесс включает три этапа.

Выполняется калибровка мощности источника на порту, подключенном к входу испытуемого устройства, при уровне мощности, заданном на первом шаге измерения в мастере калибровки.

Устанавливается прямое соединение между откалиброванным портом источника и заданным портом приемника шума. Затем измеряется усиление на приемнике шума, а также минимальный уровень шума приемника.

При установленном прямом соединении измеряется АЧХ фильтра полосы шумов. Поскольку на приемнике шума применяется гомодинное смешение с двумя боковыми полосами частот, пользователь видит симметричную характеристику, представляющую характеристики

нижней и верхней полос, с режекцией сигнала посередине, обнуляющей характеристику постоянного тока. На основе полученного профиля фильтра вычисляется эквивалентная полоса шумов. Эта информация вместе с данными, полученными на 2-м этапе, дает значение произведения коэффициента усиления на ширину полосы и коэффициент

шума для приемника шума.

Далее описаны различия процессов калибровки в зависимости от выбранного типа приемника шума.

Использование приемника с низким уровнем шума (опция 029)

Этап 3 (измерение АЧХ фильтра полосы шумов) выполняется всегда, во всем частотном диапазоне, заданном для канала измерения коэффициента шума.

Информация о произведении коэффициента усиления на ширину полосы содержится в массиве калибровочных коэффициентов измерения коэффициента шума.

Примечание. Настройка Use Power Meter (Использовать измеритель мощности) НЕ может использоваться, когда ширина полосы шума установлена на 8 или 24 МГц.

Усреднение шума не включается автоматически.

Использование стандартного приемника

Этап 3 (измерение АЧХ фильтра полосы шума) выполняется один раз для каждой полосы шума и каждого измерительного приемника. Когда этот этап выполняется, измерение происходит во всем частотном диапазоне VNA. Следовательно, необходимо обеспечить широкополосное соединение; в тракте прямого соединения НЕ должно быть фильтров. К примеру, НЕЛЬЗЯ включать в схему волноводно-коаксиальный переход с АЧХ фильтра верхних частот.

После выполнения первоначальной калибровки данные полосы шумов сохраняются в файле XML и используются повторно при последующих калибровках шума. Когда выбираются новые полосы шума и приемники, в файл XML добавляются новые данные. Если есть подозрения, что файл XML может содержать неверные значения ширины полосы шума, удалите его:
В XP — C:\Program Files\Keysight\Network Analyzer\Noise\noiseBW.xml
В Windows 7 — C:\programdata\Keysight\network analyzer\Noise\noiseBW.xml
После этого профиль фильтра шума для выбранного приемника будет измерен заново при следующем выполнении калибровки шума с использованием стандартного приемника.

Усреднение шума включается автоматически, значение по умолчанию — 100 измерений шума. Это значение можно изменить при необходимости. Подробно об усреднении шума.

Использование генератора шума. НЕ используется при измерениях коэффициента шума с помощью стандартных приемников VNA.

Генератор шума — это устройство, генерирующее два очень устойчивых уровня шума в пределах своего рабочего диапазона частот:

горячий (включено) — на генератор шума подается ток смещения для получения высокого уровня шума;

холодный (выключено) — на генератор шума не подается ток смещения для получения уровня шума при температуре окружающей среды.

Эти уровни измерены изготовителем генератора шума и предоставляются для каждого генератора шума в табличном и электронном форматах по серийному номеру. Электронный файл известен как файл ENR (Excess Noise Ratio, коэффициент избыточного шума).

Генератор шума подключается к приемнику шума через измерительный порт 2.

Приемники шума измеряют генератор шума на каждой частоте измерения. Расхождения между известными уровнями шума из файла ENR и полученными при измерении уровнями шума — это параметры погрешности шумов. Эти значения при последующих измерениях шума удаляются.

Во время измерений генератора шума автоматически включаются усреднение шума и ширина полосы шума с применением заданных пользователем значений. Подробно об усреднении шума.

После калибровки приемника шума

В канале измерения коэффициента шума выполняется **двухпортовая калибровка S-параметров.** Это необходимо, поскольку перед измерением шума измеряются S-параметры на каждом шаге частоты. Кроме того, во время калибровки S-параметров на порту 2 создаются как минимум ЧЕТЫРЕ состояния импеданса, чтобы позднее определить характеристики шума, генерируемого приемником шума. Возможный тип калибровки — SOLT или калибровка TRL.

После калибровки автоматически включается коррекция. В строке состояния VNA отображается **VNC_2P** (для векторной калибровки) или **SMC_2P** для скалярной калибровки).

Порядок выполнения калибровки Noise Figure

Сделайте канал измерения коэффициента шума активным каналом.

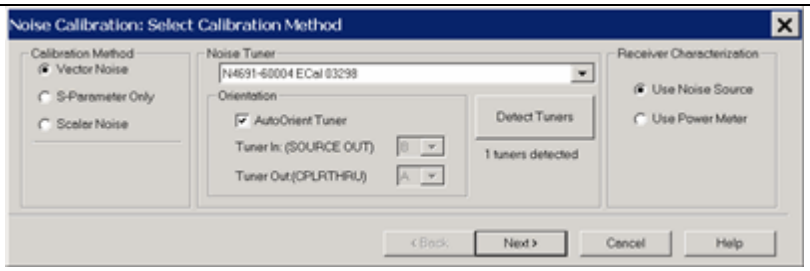
Подключите тюнер шума к VNA (при векторной калибровке измерений коэффициента шума).

С помощью аппаратной клавиши/ *программной вкладки*/программной кнопки	С помощью мыши
Нажмите **CAL** > ***Main*** > **Smart Cal...**	Щелкните по **Response**. Выберите **Cal.** Выберите **Smart Cal...**

Команды программирования

Описанные ниже страницы мастера калибровки используются только при калибровке измерений коэффициента шума. Остальные появляющиеся на экране страницы совпадают со стандартными страницами мастера калибровки SmartCal.

Справка диалогового окна **Select Calibration Method (Выбор метода калибровки)**



Calibration Method (Метод калибровки)

Vector Noise (Векторная калибровка шума): полная калибровка коэффициента шума.

S-Parameter Only (Только S-параметры): калибровка приемников шума НЕ выполняется. В приложении NFX этот вариант НЕДОСТУПЕН.

Scalar Noise (Скалярная калибровка шума): калибровка для скалярных измерений коэффициента шума.

Enable LO Power Cal (Разрешить калибровку мощности гетеродина): **ТОЛЬКО NFX**. Поставьте этот флажок, чтобы мастер калибровки помог выполнить калибровку мощности на источнике сигнала гетеродина.

Примечание. Коррекция эффектов перехода, который может использоваться для подключения датчика мощности к источнику сигнала гетеродина, НЕ применяется.

Noise Tuner (Тюнер шума)

Недоступно, если выбран метод калибровки Scalar Noise.

Выберите модули ECal, подключенные к USB-разъему.

При использовании приемников шума на 50 ГГц выберите вариант Internal (Внутренний), чтобы

использовать встроенный тюнер шума.

Orientation (Ориентация)

AutoOrient Tuner (Автоматическая ориентация тюнера): поставьте этот флажок, чтобы ориентация тюнера шума определялась автоматически. Когда флажок снят, в следующих двух полях необходимо задать ориентацию тюнера вручную.

Tuner In (SOURCE OUT) (Вход тюнера (ВЫХОД ИСТОЧНИКА)) / Tuner Out (CPLRTHRU) (Выход тюнера (ПРЯМОЙ БЛОК СОПРЯЖЕНИЯ)): укажите ярлыки модулей ECal, подключенных к соединителям перемычек на передней панели VNA.

Detect Tuners (Обнаружить тюнеры): нажмите, чтобы повторно обнаружить тюнеры шума (модули ECal), подключенные к USB-разъему. Если модуль ECal не будет обнаружен, проверьте соединение USB, затем нажмите эту кнопку.
Надпись под кнопкой указывает на общее количество модулей ECal, подключенных через USB.

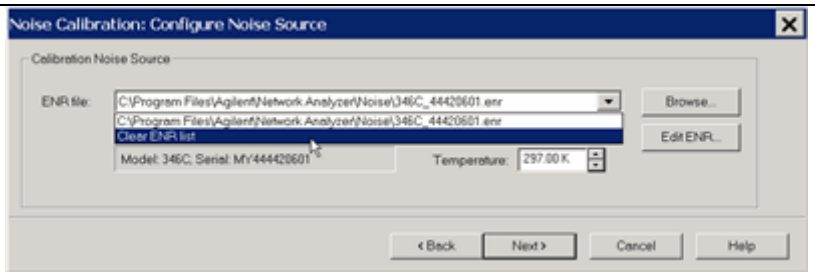
Receiver Characterization (Характеризация приемника): подробнее об этом процессе

Use Noise Source (Использовать генератор шума): для определения характеристик малошумных приемников используется генератор шума.

Use Power Meter (Использовать измеритель мощности): с помощью измерителя/датчика мощности выполняется калибровка источника VNA, который затем используется для определения характеристик либо малошумных приемников, либо приемника VNA. Если в диалоговом окне Noise Figure Setup (Настройка измерения коэффициента шума) выбран **приемник NA**, то этот вариант выбирается автоматически и выбор НЕЛЬЗЯ изменить.

Примечание. Вариант Use Power Meter (Использовать измеритель мощности) НЕДОСТУПЕН при ширине полосы шума **8** или **24 МГц.** Чтобы он стал доступен для выбора, уменьшите ширину полосы шума в диалоговом окне Noise Setup.

Справка диалогового окна **Configure Noise Source (Настройка конфигурации генератора шума) (опция 029)**

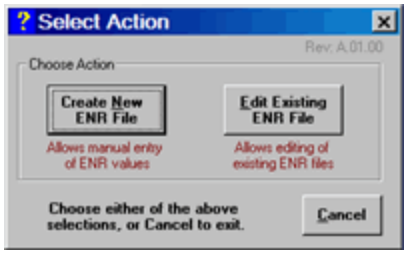


ENR File (Файл ENR): выберите файл ENR генератора шума. Скопируйте файл ENR генератора шума в папку VNA C:/Program Files/Keysight/Network Analyzer/Noise, если его там еще нет. Затем нажмите **Browse** (Обзор), чтобы найти этот файл ENR.

Clear ENR List (Очистить список ENR): прокрутите до конца вниз список ENR и щелкните по этому варианту для удаления выбранного файла ENR. Затем найдите или выберите новый файл.

Edit ENR (Редактировать ENR): нажмите, чтобы открыть диалоговое окно редактора ENR, с помощью которого можно изменить или создать файл ENR. Обычно это НЕ требуется.

Temperature (Температура): укажите текущую температуру на соединителе генератора шума. Генератор шума находится во включенном состоянии во время измерений коэффициента шума. Поэтому его температура на несколько градусов выше температуры окружающей среды, и результаты калибровки будут точнее. См. советы по измерению коэффициента шума, чтобы узнать больше о важной роли температуры.

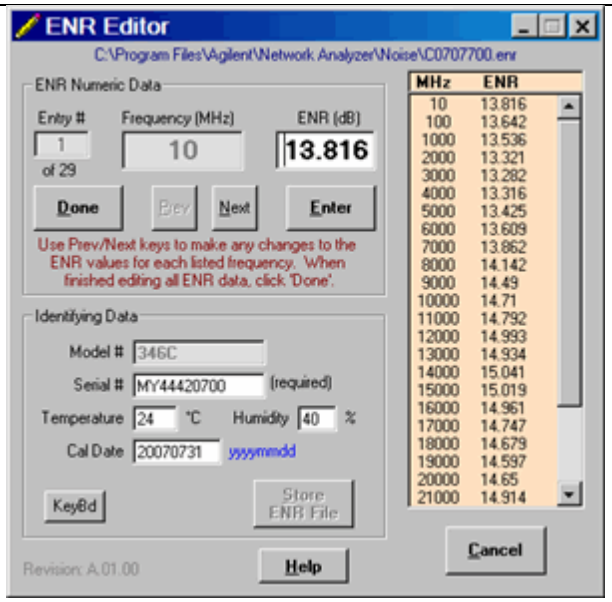


Нажмите кнопку Create (Создать) или Edit (Редактировать), чтобы открыть диалоговое окно, показанное ниже.

Edit (Редактировать): все поля заполняются существующими данными, которые можно изменить и сохранить.

Create (Создать): все поля в окне пустые, за исключением частот.

Справка диалогового окна **Edit / Create ENR File (Редактирование / создание файла ENR)**



ENR Numeric Data (Численные данные ENR)

Используйте кнопки **Previous** (Предыдущая) и **Next** (Следующая) для перехода между записями, указанными в поле **Entry #** (Номер записи). Введите значение **ENR** в дБ и нажмите кнопку **Enter (Ввод).**

Done (Готово): нажмите по завершении редактирования всех значений. Затем нажмите **Store ENR File** (Сохранить файл ENR) для сохранения файла.

Identifying Data (Идентификационные данные)

Model # (Номер модели): номер модели генератора шума. Это поле НЕЛЬЗЯ изменить.

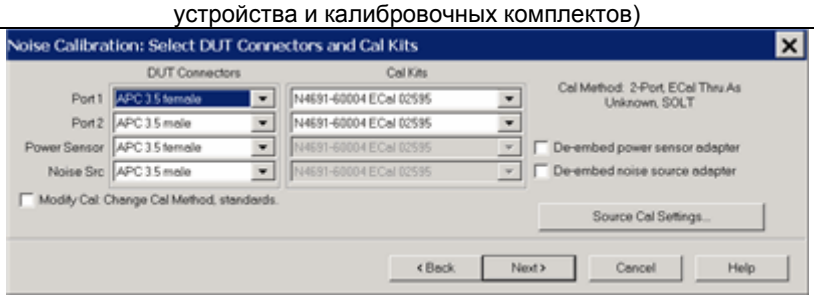
Serial # (Серийный номер): серийный номер генератора шума.

Temperature (Температура) и Humidity (Влажность): температура и влажность, при которых генератор шума был откалиброван. Эти поля служат только для информации. Данные ENR всегда нормализованы по 290 кельвинам.

KeyBd (Клавиатура): запускается клавиатура, управляемая с помощью мыши.

Store ENR File (Сохранить файл ENR): нажмите эту кнопку, чтобы открыть окно сохранения нового или измененного файла ENR.

Справка диалогового окна **Select DUT connectors and Cal Kits** (Выбор соединителей испытуемого устройства и калибровочных комплектов)



Port 1 (Порт 1) и Port 2 (Порт 2)

DUT (Device Under Test) Connectors (Соединители испытуемого устройства): укажите соединитель и тип разъема **испытуемого устройства.**

Cal Kits (Калибровочные комплекты): выберите калибровочный комплект, который должен использоваться для калибровки каждого измерительного порта. В списке для каждого порта испытуемого устройства отображаются комплекты, имеющие соединители того же типа, что и у испытуемого устройства. Использование неподходящих калибровочных мер может существенно снизить точность измерений.
Power Sensor (Датчик мощности): датчик, используемый для калибровки порта источника. Укажите соединитель и тип разъема датчика мощности.

Noise Src (Генератор шума): генератор шума, используемый для калибровки приемников шума (опция 029). У источника Keysight 346C соединитель имеет тип «APC 3.5 male».

Примечание. Для обеспечения максимальной точности генератор шума должен при подключении находиться как можно ближе к соединителю порта 2 VNA. В этом случае разница между горячими (вкл.) и холодными (выкл.) настройками генератора шума будет наибольшей.

Укажите тип соединителя и разъема для обоих калибровочных устройств (датчик мощности и генератор шума). Если соединитель калибровочного устройства **НЕ** соответствует типу разъема и типу соединителя порта испытуемого устройства, то для обеспечения оптимальной точности используются дополнительные этапы калибровки, на которых выполняются измерения и вносятся поправки на влияние перехода, используемого для соединения калибровочного устройства с опорной плоскостью.

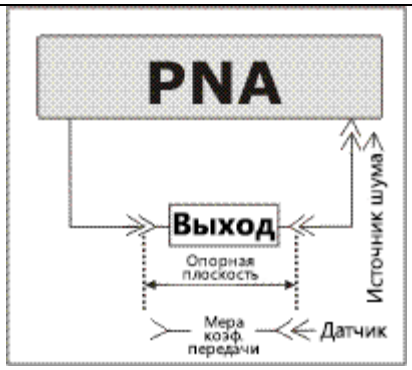
Выберите вариант **Ignored** (в конце списка соединителей испытуемого устройства), чтобы НЕ производить поправку на влияние перехода.

Выберите калибровочный комплект, который будет использоваться для этого процесса.

De-embed power sensor adapter / noise source adapter (Устранить влияние перехода датчика мощности / перехода генератора шума): анализатор VNA использует информацию о типе соединителя и типе разъема испытуемого устройства и о типе соединителя и типе разъема калибровочного устройства, чтобы определить, будет ли выполняться операция устранения влияния перехода И потребует ли эта операция дополнительного этапа калибровки.

Тем не менее в особых случаях использование типа соединителя может скрывать потребность в дополнительном этапе калибровки. Поставьте флажок «De-embed...» в этих случаях, чтобы сообщить VNA о необходимости выполнения дополнительного этапа калибровки.

Один такой случай проиллюстрирован ниже. Генератор шума подключен к измерительному порту 2 на близком расстоянии для повышения точности. Если флажок не поставлен, анализатор VNA предположит, что в этом случае генератор шума подключен к мере коэффициента передачи в опорной плоскости порта 1 (вход испытуемого устройства).



Source Cal Settings (Настройки калибровки источника): нажмите эту кнопку, чтобы открыть диалоговое окно Source Power Cal (for apps) (Калибровка мощности источника (для приложений)). Это диалоговое окно используется для выбора настроек измерителя / датчика мощности как для калибровки мощности порта 1, так и для дополнительной калибровки мощности гетеродина.

Modify Cal (Изменить калибровку): поставьте этот флажок и затем нажмите Next, чтобы изменить калибровку (с использованием мер и метода с мерой коэффициента передачи).

Примечание. Расширенная калибровка по АЧХ при измерениях коэффициента шума НЕ поддерживается.

Справка диалогового окна **Measure Standards Steps (Этапы измерения мер)**

Power Level (Уровень мощности): задайте уровень мощности, при котором будет выполняться калибровка мощности.

Обычно на датчике мощности лучше всего установить уровень 0 дБм, так как калибровка датчика мощности выполняется на этом уровне. При более низком уровне мощности калибровка будет более медленной и шумной.

Однако при аттенюации источника в 20 дБ (настройка NF по умолчанию) анализатор VNA может не достичь этого уровня мощности на более высоких частотах. Чтобы проверить максимальный уровень мощности, посмотрите на **график R1 (опорного приемника на порте 1)** по всему интересующему диапазону частот, затем увеличьте мощность до появления спада. Уровни мощности на измерительном порту могут быть приблизительно на 2 дБ ниже уровней мощности на приемнике R1.

Если между измерительным портом VNA и опорной плоскостью калибровки используется внешний компонент, отрегулируйте уровень мощности таким образом, чтобы мощность на датчике была по возможности близка к 0 дБм.

В диалоговом окне показано текущее значение ослабления источника.

LO Power Cal (Optional) (Калибровка мощности гетеродина (необязательно)): когда эта настройка включена, выполняется калибровка мощности источника на входе гетеродина испытуемого устройства. Для этого гетеродин уже должен быть выбран. Узнайте, как это сделать. Уровень мощности для калибровки источника сигнала гетеродина задается на вкладке NFX (LO) Power (Мощность (гетеродина) NFX).

Connect Noise Source to the Port 2 measurement (reference) plane (Подключите генератор шума к (опорной) плоскости измерения порта 2)

Когда поставлены флажки «De-embed Adapter...», необходимы дополнительные этапы калибровки.

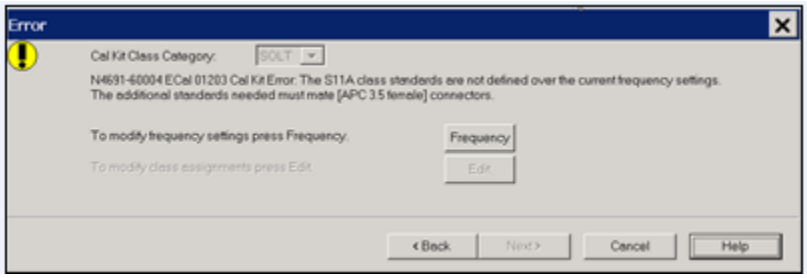
Последующие этапы

Connect Port 1 to Port 2 (Подключите порт 1 к порту 2): подключите опорную плоскость порта 1 к опорной плоскости порта 2 с помощью требуемой меры коэффициента передачи или перехода.

Connect ECal to Ports 1 and 2 (Подключите ECal к портам 1 и 2): подключите модуль ECal между опорной плоскостью порта 1 и опорной плоскостью порта 2.

Ошибка частоты калибровочного комплекта NFX

При выполнении калибровки NFX с использованием не менее двух модулей ECal с соединителями разных типов может появиться следующее сообщение об ошибке.



Ошибка возникает из-за того, что VNA выполняет две полные двухпортовые калибровки: одну на входных частотах с обоими типами соединителей, а другую на выходных частотах с обоими типами соединителей. Возможна ситуация, когда один из модулей ECal не будет определен для обоих диапазонов частот.

Для устранения этой ошибки можно выполнить пользовательскую характеризацию модуля

ECal, имеющего это ограничение, для требуемого диапазона частот. Анализатор VNA выдаст предупреждение, но это будет разрешено. Узнайте, как это сделать.

Проверка калибровки генератора шума

Чтобы проверить калибровку генератора шума, подключите генератор шума к порту 2 и измерьте ENR.

Сравните полученное в результате измерения значение со значением из таблицы ENR.

Как включить и выключить генератор шума вручную

Нажмите **Power** > ***Main*** > **Noise Source**.

Приложение Pulsed

Примечание. Это приложение заменено приложением Integrated Pulse (опция S93026A).

Приложение для узкополосных импульсных измерений — это программа Visual Basic, предоставляющая пользовательский интерфейс для выполнения импульсных измерений.

В данной теме:

Обязательные опции

Подключение внешних генераторов импульсов

Использование приложения Narrowband Pulsed

Настройка конфигурации генераторов импульсов и приемников

Калибровка в импульсном режиме

Определение профиля импульса

Ослабление сигнала и ширина строба

Импульсные измерения на преобразователях частот

Создание собственного приложения для узкополосных импульсных измерений

Расширенные возможности импульсных измерений

Поддержка встроенных генераторов импульсов и модуляторов (только VNA-X)

См. также

Команды программирования

Обязательные опции и оборудование

Опция VNA H08 позволяет использовать приложение Narrowband Pulsed. Наличие описанных ниже опций также обязательно. Если ваш анализатор VNA не содержит этих обязательных опций, на экране появится сообщение. Более подробную информацию см. в руководстве по конфигурации импульсных измерений ВЧ

Модели

Модели VNA-X: опции 021, 022 и S93025A значительно повышают скорость, производительность и удобство.

Опция 224 VNA-X (2-портовый двойной источник) позволяет выбрать конфигурацию 2в диалоговом окне Path Configuration (Конфигурация тракта) для получения импульсной модуляции на портах 1 и 2.

Для доступа к встроенным генераторам импульсов используйте соединитель входа-выхода импульса.

.

Другие модели VNA

Модели VNA-L: опция H08 НЕДОСТУПНА.

Генератор импульсов Keysight 81104A или 81110A ТОЛЬКО с модулями выходов 81105A или 81111A. Модуль 81112A НЕ поддерживает возможность выбора выходного импеданса / компенсации нагрузки в 50 Ом/1 кОм для управления стробированием ПЧ-сигнала в 1 кОм в VNA. Более подробную информацию см. в технических характеристиках линейки импульсных генераторов тестовых последовательностей 81100 по адресу: literature.cdn.Keysight.com/litweb/pdf/5980-1215E.pdf

Подключение внешних генераторов импульсов к Z5623A H81

Каждый генератор импульсов 81110A оснащен двумя модулями выходов. Каждый выход может подавать управляющий сигнал на ПЧ-приемник или модулятор источника VNA (Z5623A H81). Подключите генераторы импульсов следующим образом:

Соединители на передней панели 81110A

Подключите кабели GPIB к 81110A и VNA.

Подключите соединитель выхода Ref Out на 10 МГц анализатора VNA с соединителем входа IN на 10 МГц генератора 81110A.

Если используются два генератора 81110A с общим числом выходов 4, то подключите выход TRIGGER OUT одного к входу EXT INPUT другого генератора 81110A.

Подключите выходы генераторов 81110A к входам ПЧ на задней панели VNA, на которых будет производиться стробирование. Эти выходы отображены в диалоговом окне Pulsed Generator Configuration (Конфигурация генератора импульсов).

Подключите измерительный блок Z5623A H81Pulse (дополнительно) к контурам порта 1 на передней панели VNA, как указано ниже:

VNA	H81
Src Out (Выход источника)	Source IN (Вход источника)
CPLR THRU (ПРЯМОЙ БЛОК СОПРЯЖЕНИЯ)	CPLR THRU (ПРЯМОЙ БЛОК СОПРЯЖЕНИЯ)
RCVR R1 IN (ВХОД ПРИЕМНИКА R1)	RCVR R1 Out (ВЫХОД ПРИЕМНИКА R1)

См. также

Соединители ПЧ VNA-X

Документация на 81110A

Документация на Z5623A H81

Использование приложения Narrowband Pulsed

Запуск приложения Narrowband Pulsed

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки	С помощью мыши
Нажмите **Macro** > ***Pulse***	Нажмите **Utility** Выберите **Macro** **Выберите** Pulse

Команды программирования

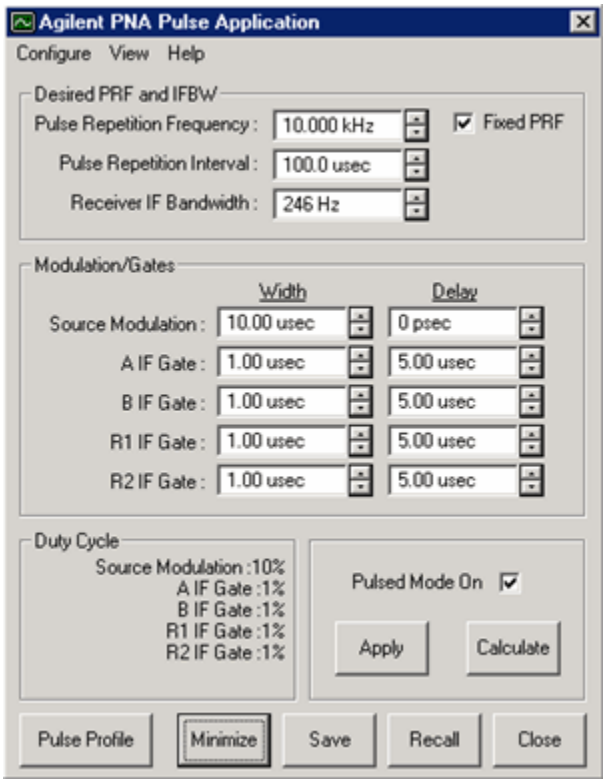
См. также

См. информацию о том, как создать собственное приложение для узкополосных импульсных измерений.

Ввод данных с клавиатуры

Клавиши цифрового ввода и навигации на передней панели VNA можно использовать для ввода данных в диалоговом окне. Можно также использовать клавиатуру для ввода значений, включая алфавитные символы префиксов (например, **u** для usec (мкс)). Введя значение, нажмите **Enter**, а затем **Tab** для перехода к следующему полю.

Ниже показано основное диалоговое окно.



Справка диалогового окна **Pulsed Application Main (Главное окно приложения Pulsed)**
Примечание. В VNA может появиться **сообщение об ошибке,** информирующее о том, что частота ответного сигнала превысила максимальную допустимую частоту. Приложение Narrowband Pulsed может устанавливать частоту смещения VNA (опция S93080A) на значение, отличное от нуля (значения по умолчанию). Если в качестве значения конечной частоты задана максимальная частота модели VNA, тогда появится это сообщение об ошибке. Для устранения этой проблемы укажите для конечной частоты значение, которое ниже максимально допустимого как минимум на 2 кГц. Например, если используется модель VNA

на 20 ГГц, конечная частота установлена на значение 20 ГГц и появилось это сообщение об ошибке, то задайте конечную частоту 19,999998 ГГц.

Configure (Настроить конфигурацию)

Для выполнения импульсных измерений можно сконфигурировать несколько каналов, но для всех этих каналов должны использоваться одинаковые настройки генератора импульсов.

Приложение Narrowband Pulsed поддерживает только генератор импульсов Keysight 81110A. Информацию о частоте повторения импульсов и коэффициенте заполнения см. в документации на 81110A.

См. также

Настройка конфигурации приемников

Измерения на преобразователях

Edit/Undo (Редактировать/Отменить): возврат к настройкам приложения Pulse, действовавшим в момент последнего нажатия кнопки Apply (Применить).

Desired PRF and IFBW (Желаемые частота импульса и ширина полосы ПЧ): введите ЖЕЛАЕМЫЕ значения. При нажатии кнопки **Calculate** (Вычислить) одно из этих значений или они оба могут измениться.

Pulse Repetition Frequency (PRF) (Частота повторения импульсов (PRF)): частота импульсов, передаваемых генератором импульсов. **Pulse Repetition Interval** (Период повторения импульсов): равно отношению 1/PRF. При изменении этой настройки или настройки PRF меняются обе настройки. **Receiver IF Bandwidth** (Ширина полосы ПЧ-приемника): ширина полосы ПЧ-анализатора VNA. Выберите значение от 1 Гц до 10 кГц.

Fixed PRF (Фиксированная частота повторения импульсов): когда поставлен этот флажок (настройка по умолчанию), алгоритм **Calculate** НЕ корректирует частоту повторения импульсов, а меняет только ширину полосы ПЧ. Когда флажок снят, оба значения корректируются по мере необходимости.

Примечание. На анализаторах VNA с DSP версии 4 алгоритм **Calculate** НЕ обнаруживает обнуление на нескольких частотах PRF. Если выдается эта ошибка, добавьте небольшое смещение к частоте PRF (например, 2,1 МГц вместо 2 МГц) или снимите флажок **Fixed PRF.**

Modulation/Gates (Модуляция/стробирование): **для модулятора источника и четырех стробирующих устройств приемников VNA могут использоваться как отдельные, так и общие выходные сигналы генератора импульсов. Общие выходные сигналы имеют одинаковые значения ширины и задержки. Чтобы настроить и активировать выходные сигналы, нажмите** Configure**, затем** Pulse Generators **для открытия диалогового окна Pulsed Generator Configuration (Конфигурация генератора импульсов).**

Примечание. При использовании опций 036 и 037 ширина модуляции источника ограничена 117 нс.

Width (Ширина): ширина импульса.

Delay (Задержка): задержка перед импульсом.

Duty Cycle (Коэффициент заполнения): **вычисленный коэффициент заполнения источника и каждого из выбранных приемников. Обновляется при нажатии кнопки** Calculate.

Pulse Mode On (Импульсный режим вкл.): когда поставлен этот флажок, анализатор VNA готов к импульсным измерениям. В строке состояния VNA содержатся следующие надписи:

G: активированы внутренние стробирующие устройства ПЧ.

F: активирована фильтрация для импульсных измерений.

Apply (Применить): все выбранные настройки отправляются на генератор импульсов и в активный канал VNA.

Calculate (Вычислить): все выбранные значения параметров вычисляются, и в соответствующие поля вводятся действительные значения частоты повторения импульсов и ширины полосы. Если эти настройки окажутся неприемлемыми, попробуйте изменить введенные ранее значения и снова нажать кнопку Calculate. Если получены приемлемые значения, нажмите **Apply** для их отправки на генератор импульсов и в VNA.

Pulse Profile (Профиль импульса): нажмите для открытия диалогового окна Pulse Profile. Для этого также можно нажать **View -> Pulse Profile.** Если этот элемент недоступен, поставьте флажок **Pulse Mode ON**, затем нажмите **Calculate** и **Apply**.

Minimize (Свернуть): нажмите, чтобы свернуть диалоговое окно для внесения изменений в приложении VNA. Чтобы снова развернуть это диалоговое окно, выберите **Macro -> Pulse** или включите строку состояния.

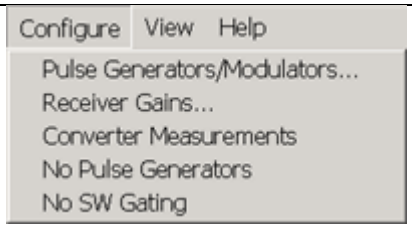
Save (Сохранить): все настройки приложения Narrowband Pulsed сохраняются в файл *.ppf. Эти настройки НЕ сохраняются вместе с состоянием прибора VNA.

Recall (Вызов): нажмите для восстановления настроек из указанного файла *.ppf, который был сохранен ранее.

Close (Закрыть): нажмите для закрытия диалогового окна без сохранения изменений.

Настройка конфигурации генераторов / модуляторов импульсов и приемников

Из основного диалогового окна приложения Pulse



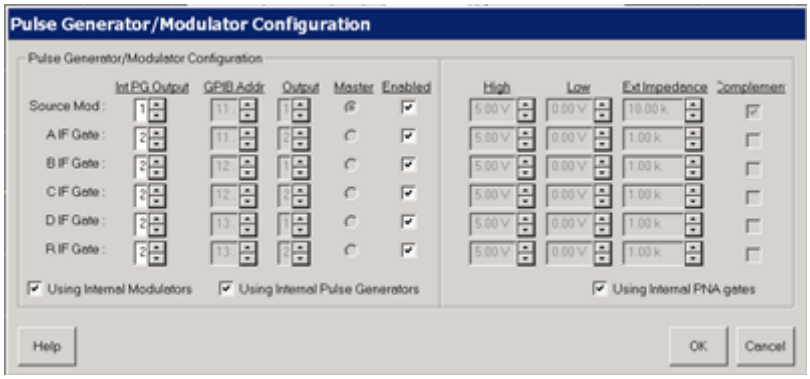
Подробнее:

Настройка усиления на приемниках

Измерения на преобразователях

No Pulse Generators (Без генераторов импульсов): когда поставлен флажок, приложение Narrowband Pulsed HE пытается установить связь с внутренними или внешними генераторами импульсов. Эта настройка используется для целей устранения неполадок.

No SW Gating (Без программного стробирования): когда поставлен флажок, повышенная чувствительность к программному стробированию ВЫКЛЮЧЕНА. Эта настройка используется для целей устранения неполадок.



Справка диалогового окна **Pulsed Generator Configuration (Конфигурация генератора импульсов)**

Примечания.

Для опции 224 VNA-X (2-портовый двойной источник) выберите конфигурацию **2-port Dual Source** (2-портовый двойной источник) в диалоговом окне Path Configuration (Конфигурация тракта) для получения импульсной модуляции на портах 1 и 2.

Это диалоговое окно может выглядеть по-разному в зависимости от модели VNA и количества доступных приемников.

Оно позволяет настроить либо встроенные генераторы импульсов (модели VNA-X с соответствующими опциями), либо выходные сигналы генератора импульсов Keysight 81110A. Можно настроить конфигурацию каждого генератора импульсов 81110A с одним или двумя модулями выходов 81111A.

Для модулятора источника и четырех стробирующих устройств приемников VNA могут использоваться как отдельные, так и общие генераторы импульсов, что позволяет выбрать одинаковые значения **ширины** и **задержки** в основном диалоговом окне.
Чтобы выходной сигнал внешнего генератора был общим для нескольких входов VNA, используйте одни те же адрес GPIB и модуль выходов для каждого входа VNA.

Выход внутреннего генератора импульсов **(доступно ТОЛЬКО на VNA-X с опцией S93025A)**

Укажите генератор импульсов (1–4), который будет использоваться для модуляции каждого из стробирующих устройств ПЧ-приемников или источников VNA.

Настройки внешнего генератора импульсов

GPIB Addr (Адрес GPIB): адрес GPIB устройства 81110A.

Output (Выход): модуль выходов устройства 81110A.

Master (Главный): генератор 81110A, использующий опорный сигнал 10 МГц из VNA.

Enabled (Включен): включение импульсного выходного сигнала.

Настройки внешнего стробирующего устройства / модулятора

High (Высокий): укажите уровень напряжения для высокого уровня сигнала TTL.

Low (Низкий): укажите уровень напряжения для низкого уровня сигнала TTL.

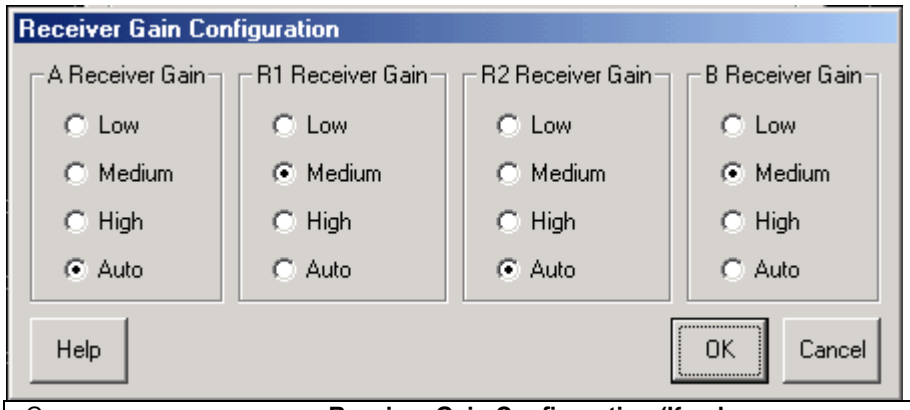
Ext Impedance (Внешний импеданс): импеданс модулятора, используемого для создания импульса.

Complement (Дополнение): когда этот флажок не стоит, импульсом является сигнал TTL HIGH. Когда флажок поставлен, импульсом является сигнал TTL LOW.

Using Internal Modulators (Использование внутренних модуляторов): когда поставлен этот флажок, значения напряжения, импеданса и дополнения принудительно применяются к настройкам для предотвращения повреждения внутреннего модулятора.

Using Internal Pulse Generators (Использование внутренних генераторов импульсов): **поставьте флажок, чтобы соответствующие настройки в этом окне стали доступны.**

Using Internal VNA gates (Использование внутренних стробирующих устройств VNA): **когда поставлен этот флажок, значения напряжения, импеданса и дополнения принудительно применяются к настройкам для предотвращения повреждения внутренних стробирующих устройств.**



Справка диалогового окна **Receiver Gain Configuration (Конфигурация усиления на приемниках)**

Это диалоговое окно может выглядеть по-разному в зависимости от модели VNA и количества доступных приемников.
Оно позволяет задать усиление на каждом приемнике VNA вручную или автоматически.

Auto (Автоматически): анализатор VNA выбирает наиболее подходящий для импульсных измерений уровень усиления. Чтобы задать усиление на каждом приемнике вручную, используйте следующие настройки.

Low (Низкий): уровень усиления около 0 дБ.

Medium (Средний): уровень усиления около 17 дБ.

High (Высокий): уровень усиления около 24 дБ.

Анализатор **VNA-X** имеет следующие настройки аттенюации:

Low (Низкая): аттенюация 30 дБ.

Medium (Средняя): аттенюация 15 дБ.

Hi (Высокая): аттенюация 0 дБ.

Калибровка в импульсном режиме

Чтобы выполнить калибровку в импульсном режиме (опция H08), сначала настройте и примените параметры импульса (частота импульса, длительность импульса, задержки, стробирование ПЧ и т. д.), **прежде чем** калибровать систему. Это гарантирует правильную конфигурацию VNA во время калибровки и измерения.

При выполнении калибровки с неизвестной мерой коэффициента передачи или калибровки TRL ВСЕ приемники должны быть стробированными. В противном случае параметры погрешности после завершения калибровки будут неверными. Для этого необходимо либо позаботиться об отдельном выходе генератора импульсов для каждого стробирующего устройства ПЧ, либо подключить пары стробирующих устройств ПЧ с помощью разъемов BNC-T. Например, если на генераторе импульсов недостаточно выходов, подключите таким образом стробирующие устройства ПЧ R1 и R2 к одному выходу генератора импульсов. Также можно подключить стробирующие устройства ПЧ A и B либо к отдельным выходам (рекомендуется), либо к одному выходу (это снижает гибкость). В этом случае параметры погрешности после завершения калибровки будут действительны.

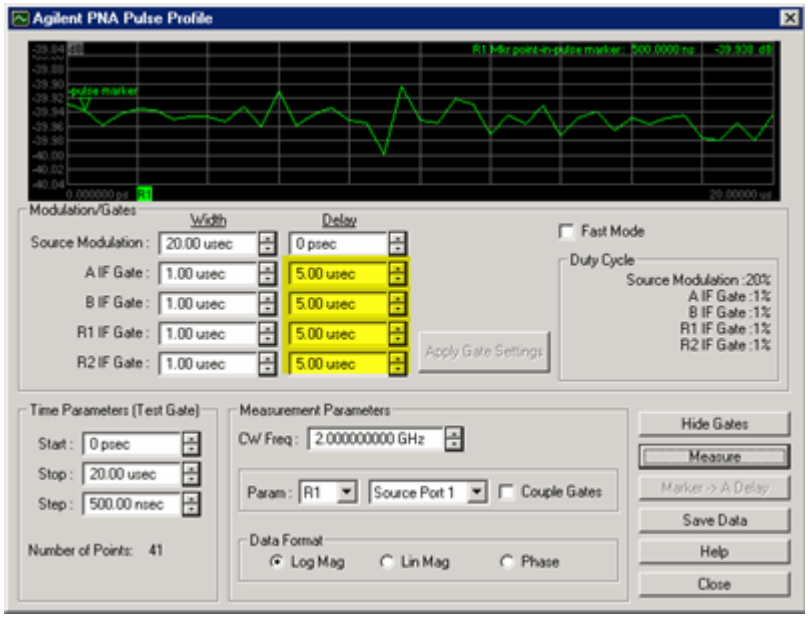
Определение профиля импульса

Определение профиля импульса обеспечивает представление огибающей импульса во временной области. Профиль создается с использованием метода измерения, состоящего в выполнении серии узких «моментальных снимков» приемника по ширине импульса. Это похоже на создание с помощью фотокамеры множества небольших снимков широкого изображения и последующее их соединение в одно панорамное представление.

Профиль импульса может создаваться с использованием измерений с соотношениями и без соотношений. Профиль импульса создается на одной частоте непрерывной волны.

Порядок определения профиля импульса
В основном диалоговом окне приложения Pulse нажмите кнопку **Pulse Profile** (Профиль импульса).

Если эта кнопка недоступна, поставьте флажок **Pulse Mode ON**, затем нажмите **Calculate** и **Apply**.



Справка диалогового окна **Pulse Profile (Профиль импульса)**

Информация об определении профиля импульса (прокрутите вверх)

Modulation/Gates (Модуляция/стробирование)

Эти настройки дублируют настройки в основном диалоговом окне приложения Pulse.

В окне Pulse Profile настройки задержки строба (выделены желтым) важны только при определенных настройках **параметров измерений** и **связанных стробирующих устройств.**

Time Parameters (Параметры времени)

Start, Stop (Начальное, Конечное): два этих параметра вместе определяют окно составляемого профиля импульса. Чтобы можно было увидеть импульс целиком, значения начального и конечного времени должны быть не меньше суммы значений **ширины** модуляции источника и **задержки.**

Step (Шаг): шаг измерений каждой следующей точки графика профиля импульса. Соответственно, количество точек для измерения профиля импульса можно рассчитать следующим образом: (конечное значение – начальное значение) / шаг. Чем больше количество точек, тем больше времени займет измерение.

Measurement Parameter (Параметры измерения)

CW Freq. (Непрерывная волна): частота источника VNA.

Source Port (Порт источника): порт VNA, через который подается мощность источника. Требуется только для измерений с одним приемником (без соотношений).
Param(eter) (Параметр): доступны только стробирующие устройства приемников (и соответствующие измерения), которые настроены в окне Pulsed Generator Configuration (Конфигурация генератора импульсов).

Примечание. Когда выбран один приемник (без соотношений), настройки **задержки строба** (выделены желтым на изображении диалогового окна выше) игнорируются.

Если стробирующее устройство опорного приемника НЕ было сконфигурировано, в качестве опорного значения используется среднее импульса модуляции источника. **Пример:** выбран параметр **S21**, но настроено ТОЛЬКО стробирующее устройство приемника **B.** В этом случае...

Строб приемника B свипируется по ширине импульса источника импульсов.

Среднее значение импульса модуляции источника используется как опорное (без стробирования).

Coupled Gates (Связанные стробирующие устройства): эта настройка используется, когда соответствующие стробирующие устройства приемников настроены ТОЛЬКО для измерения **S-параметра.** Они игнорируются, когда выбран один приемник **(Param).**

Uncoupled (Несвязанные; флажок снят): опорное стробирующее устройство ФИКСИРОВАНО на настройке задержки, когда испытуемое стробирующее устройство измеряется по всему импульсу модуляции источника в соответствии с настройками в разделе **Time Parameter.**

Пример:

Выбран параметр **S21**, настроены стробирующие устройства приемников **B** и **R1,** стробирующие устройства **не связаны.**

Строб приемника B свипируется по ширине импульса источника импульсов.

Строб приемника R1 фиксирован на настройках ширины и задержки импульса.

Coupled (Связанные; флажок поставлен): опорное стробирующее устройство измеряется

одновременно с испытуемым стробирующим устройством в соответствии с настройками в разделе **Time Parameter.** Важна только **разница** между значениями задержки испытуемого и опорного стробирующих устройств, а НЕ абсолютные значения.

Пример:

Выбран параметр **S21**, настроены стробирующие устройства приемников **B** и **R1**, стробирующие устройства **связаны.** Задержка стробирующего устройства **B** = 3 микросекунды.
Задержка стробирующего устройства **R1** = 2 микросекунды. Разница = 1 микросекунда.

Стробирующее устройство B измеряется по всему импульсу модуляции источника.

Стробирующее устройство R1 фиксировано на настройках ширины и задержки импульса.

Стробирующее устройство B опережает стробирующее устройство R1 на 1 микросекунду.

Data Format (Формат данных): логарифмическая амплитуда, линейная амплитуда или фаза (доступно только в том случае, если выбран S-параметр).

Кнопки

Show Gates (Показать стробы): **эта кнопка позволяет при изменении ширины или задержки строба приемников видеть результаты изменений.**

Apply Gate Settings (Применить настройки стробов): нажмите эту кнопку после внесения изменений в настройки стробов.

Continuous Sweep (Непрерывная развертка): поставьте этот флажок, затем нажмите **Measure** для непрерывного измерения профиля импульса.

Measure (Измерить): нажмите, чтобы начать измерение профиля импульса. Эта кнопка заменяется кнопкой **Stop** при непрерывной развертке.

Marker to Delay (Маркер -> задержка): после выполнения измерения можно перетащить экранный маркер на любую точку графика. Нажмите эту кнопку, и время маркера будет введено в поле **Delay** (Задержка) приемника в основном диалоговом окне.

Save Data (Сохранить данные): данные временной области сохраняются на жесткий диск VNA в любом из следующих форматов:

Touchstone (*.s1p) С разделителями-запятыми (*.prn)

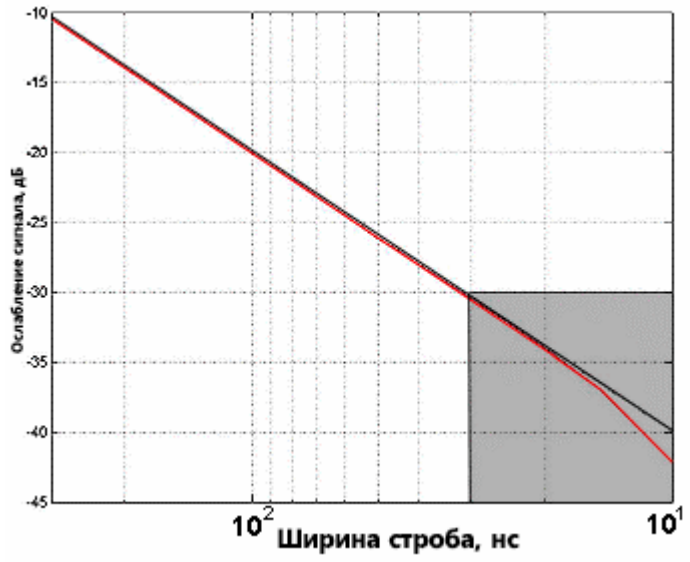
Citifile (*.cti)

Ослабление сигнала и ширина строба

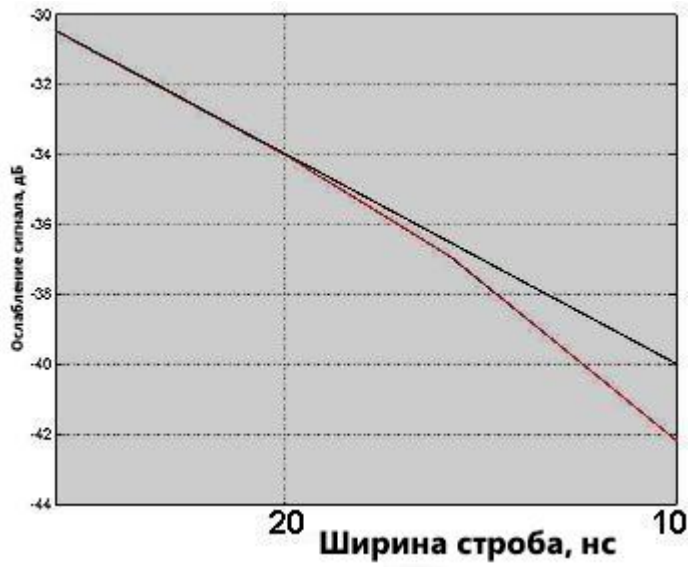
Ослабление сигнала и ширина строба

PRF = 1 МГц

На следующих двух рисунках показаны характеристики внутренних стробирующих устройств ПЧ при уменьшении ширины.



На рисунке ниже приближена затененная область (с верхнего рисунка).



Прямая линия показывает теоретические потери динамического диапазона вследствие влияния коэффициента заполнения при использовании узкополосного обнаружения.

Изогнутая (красная) линия показывает фактическое поведение стробов по результатам измерения.

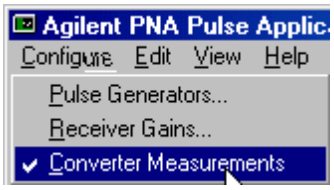
Минимальная ширина строба, при которой отклонение от теоретического значения составит < 1 дБ, равна примерно 20 нс.

Импульсные измерения на преобразователях частоты

Приложение Narrowband Pulsed работает как с FCA (опция S93083A), так и со стандартными измерениями смещения частоты (опция S93080A). В меню **Configure** отметьте флажком пункт **Converter Measurements** (Измерения на преобразователях). Когда этот флажок поставлен, приложение Narrowband Pulsed не будет перезаписывать значения смещения частоты. Это может

ограничить число возможных решений для параметров **PRF** (Частота повторения импульсов) и **IFBW** (Ширина полосы ПЧ), возвращаемых при нажатии кнопки **Calculate** в основном диалоговом окне приложения Pulsed.

Примечание. Определение профиля импульса НЕ может выполняться при измерениях на преобразователях частоты.



Создание собственного приложения для узкополосных импульсных измерений

Можно использовать приложение Narrowband Pulsed или с помощью программы-образца создать собственное приложение для узкополосных импульсных измерений.

Приложение Narrowband Pulsed использует настраиваемую библиотеку DLL для вычислений, которые необходимы для выполнения импульсных измерений. Используйте указанный ниже метод COM для отправки значений в библиотеку **agilentPNApulsed.dll** и их возврата. Затем используйте команды SCPI или COM для управления анализатором VNA.

Образец программы COM	VNA-X Create
Образцы программ SCPI	Point-in-Pulse Pulse Profile
Методы COM	ConfigEnhancedNB2 ConfigEnhancedNBIFAtten
Команды SCPI	SCPI
Команды COM	COM

Установка и регистрация библиотеки DLL приложения Pulsed на ПК

Чтобы создать собственное приложение для узкополосных импульсных измерений или чтобы запускать приложение Narrowband Pulsed с удаленного компьютера, необходимо сделать следующее.

Скопируйте следующие файлы из папки VNA C:/program files/Keysight/network analyzer/ в каталог на вашем ПК.

agilentpnapulsed.dll

OffsetList.txt

prfbw.txt

prfbwmixer.txt

Для регистрации ActiveX DLL в операционной системе Microsoft Windows:

Перейдите из командной строки на своем ПК в каталог, в который вы скопировали DLL.

Введите: **regsvr32 agilentpnapulsed.dll** и нажмите **Enter**

При использовании других операционных систем см. соответствующие файлы справки,

чтобы узнать, как зарегистрировать файлы DLL.

Анализатор спектра

В данной теме:

Особенности, требования и ограничения

Общие сведения о настройке анализатора спектра

Выполнение измерений SA

Диалоговое окно SA Setup (Настройка SA)

Диалоговое окно Source Setup (Настройка источника)

Диалоговое окно Coherence Setup (Настройка когерентности)

Диалоговое окно Advanced Settings (Расширенные настройки)

Диалоговое окно IF (ПЧ)

Диалоговое окно Trigger (Триггер)

Диалоговое окно Processing (Обработка)

Диалоговое окно ADC & LO (ADC и гетеродин)

Диалоговое окно Data (Данные)

Диалоговое окно Source Frequency Settings (Настройки частоты источника)

Диалоговое окно Source Power Settings (Настройки мощности источника)

Параметры измерений

Маркеры SA

Калибровка канала SA

Стробирование SA

Предупреждающие сообщения SA

Примеры измерений анализатора спектра (отдельные темы)

Особенности, требования и ограничения

Особенности

Анализ спектра общего назначения для измерений параметров компонентов.

Добавление возможности многоканального анализа спектра (несколько приемников и частот).

Быстрый поиск паразитных сигналов в широком диапазоне частот.

Возможность анализа спектра в плоскости калибровки с использованием функций калибровки и оснастки VNA (функция исключения влияния оснастки).

Одно подключение, несколько измерений.

Внутренний, ручной и внешний запуск — подробнее.

Функция Marker -> SA (Маркер =>SA), доступная в каналах Standard, SMC и Swept IMD.

Стробирование — подробнее.

Подавление помех от зеркального канала (когерентность) для многотоновых и повторяющихся испытательных сигналов.

Экспорт данных.

Поддержка всех моделей VNA, VNA-L и VNA-X.

Поддержка широкополосных и полосовых систем миллиметрового диапазона.

Требования

Опция анализатора спектра S930900A

Операционная система Windows 7

Опция S930909A (от 10 МГц до ≤ 90 ГГц) для широкополосных измерений анализатора спектра в миллиметровом диапазоне

Опция S93093A (от 10 МГц до ≤ 110 ГГц) для широкополосных измерений анализатора спектра в миллиметровом диапазоне

Опция S93094A (> 110 ГГц) для полосовых измерений анализатора спектра в миллиметровом диапазоне

После установки опции S93090xA, S93093A или S93094A требуется корректировка характеристики ПЧ.

Ограничения

При работе с 4-портовыми моделями VNA-L может использоваться только один опорный приемник в каждый момент времени. На моделях VNA-L измерения в миллиметровом диапазоне не поддерживаются.

Общие сведения о настройке SA

Задайте настройки SA.

Настройте частоту и мощность источника SA. Определите параметры измерений.

Выберите маркеры.

Откалибруйте канал SA с помощью мастера калибровки Cal All.

Выполнение измерений SA

Создание канала анализа спектра

На передней панели анализатора VNA нажмите **Meas** > ***S-Param*** > **Meas Class...**

Выберите Spectrum Analysis (Анализ спектра), затем нажмите:

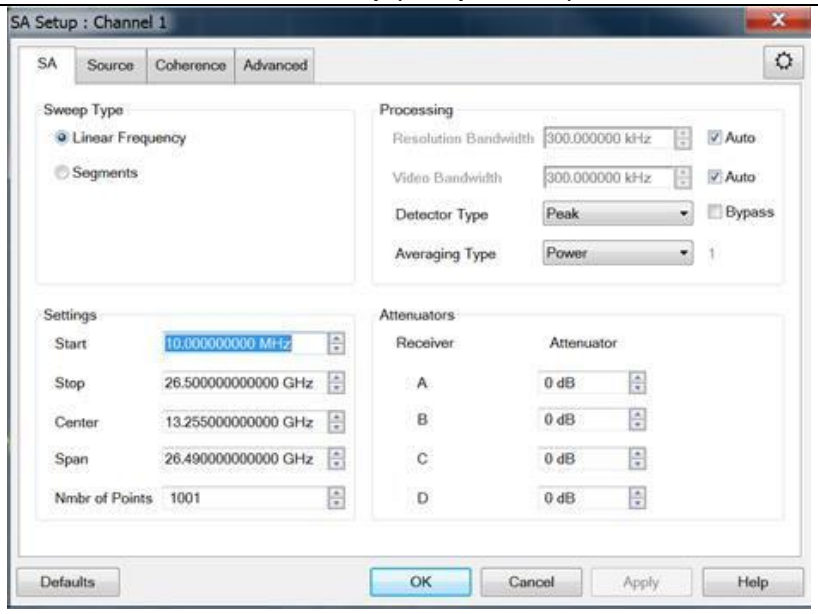
либо OK, чтобы удалить существующее измерение;

либо New Channel, чтобы создать измерение в новом канале.

Отобразится измерение анализа спектра.

Задание настроек SA

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки	С помощью мыши
Нажмите **Freq** > ***Main*** > **SA Setup...**	Щелкните по Stimulus Выберите SA Setup...



Sweep Type (Тип развертки): задайте тип развертки для анализа спектра. См. тип (развертка).

Processing (Обработка)

Resolution Bandwidth (Разрешающая способность по полосе пропускания): возможность разграничения или просмотра близко расположенных сигналов. Чем уже (ниже) разрешающая способность по полосе пропускания, тем точнее анализатор спектра может разграничивать сигналы. Кроме того, в результате уменьшения разрешающей способности по полосе пропускания измерения с помощью ADC анализатора спектра содержат меньше шума, и снижается минимальный уровень шума на экране. Это позволяет видеть и измерять слабые сигналы. Однако при уменьшении разрешающей способности по полосе пропускания замедляется развертка.

Auto (Авто): поставьте этот флажок, чтобы связать разрешающую способность по полосе пропускания с диапазоном частот в соотношении, заданном настройкой Span/RBW (Диапазон / Разрешающая способность по полосе пропускания). При уменьшении диапазона частот разрешающая способность по полосе пропускания также уменьшается, что улучшает способность разграничивать сигналы. Снимите флажок, чтобы отменить связывание этих настроек.

Video Bandwidth (Ширина полосы видеосигнала): задайте коэффициент усреднения видеосигнала. Операция усреднения применяется после ДПФ (дискретного преобразования Фурье) и до подавления помех от зеркального канала. Данные графика сглаживаются с помощью метода, выбранного в качестве типа усреднения видеосигнала. Сглаживание тем больше, чем меньше значение ширины полосы видеосигнала. Однако при уменьшении ширины полосы видеосигнала замедляется развертка. Для ширины полосы видеосигнала можно указать значение от 3 Гц до 3 МГц, если снят флажок Auto.

Auto (Авто): поставьте этот флажок, чтобы связать ширину полосы видеосигнала с разрешающей способностью по полосе пропускания в соотношении, заданном настройкой RBW/VBW (Разрешающая способность по полосе пропускания / Ширина полосы видеосигнала). Снимите флажок, чтобы отменить связывание этих настроек.

Detector Type (Тип детектора): «детектор» — это алгоритм, используемый для сопоставления бинов ДПФ с блоками памяти изображения. Обычно в одном блоке памяти изображения содержится несколько бинов ДПФ, и детектор определяет способ преобразования нескольких значений ДПФ в одно отображаемое значение.

Peak (Пик): отображается максимальное значение из всех измерений в одном блоке памяти. Эта настройка позволяет не пропустить ни одного сигнала. Однако представление случайного шума в блоке будет в этом случае не очень хорошим.

Average (Среднее): отображается среднеквадратичное значение мощности всех измерений в каждом блоке. Этот способ предпочтителен при измерении мощности.

Sample (Выборка): отображается центральное измерение из всех измерений в одном блоке памяти. Эта настройка обеспечивает хорошее представление случайного шума в блоке. Однако при этом не гарантируется, что будут представлены все сигналы.

Normal (Нормальный): при выборе этого способа можно получить более качественное отображение случайного шума по сравнению с режимом положительного пика и избежать проблемы пропущенных сигналов, возникающей в режиме выборки. Если сигнал в пределах интервала блока как поднимается, так и падает, алгоритм классифицирует этот сигнал как шум. В нечетной точке данных отображается максимальное значение, обнаруженное в промежутке соответствующего блока памяти. В четной точке данных отображается минимальное значение, обнаруженное в промежутке соответствующего блока памяти. Если сигнал НЕ классифицируется как шум (НЕТ подъемов и падений сигнала), то нормальный режим будет равнозначен режиму положительного пика.

NegPeak (Отрицательный пик): отображается минимальное значение из всех измерений в одном блоке памяти.

Peak Sample (Пик/выборка): при выборе этого способа выполняется попытка определить, содержит ли блок памяти изображения собственно сигнал или только шум. Если сигнал присутствует, применяется тип детектора «Пик», если нет — тип «Выборка».

Peak Average (Пик/среднее): при выборе этого способа выполняется попытка определить, содержит ли блок памяти изображения собственно сигнал или только шум. Если сигнал присутствует, применяется тип детектора «Пик», если нет — тип «Среднее».

Bypass (Обход): поставьте этот флажок для обхода типа детектора и просмотра всех точек отображения ДПФ. Эта возможность доступна только в том случае, если общее число точек ДПФ может быть обработано дисплеем.

Video Averaging Type (Тип усреднения видеосигнала): эта настройка определяет способ вычисления среднего видеосигнала. Когда выбран вариант Auto (Авто), выбирается оптимальный тип усреднения с учетом текущих настроек измерения прибора. Усредняется амплитуда бинов ДПФ. Усреднение применяется только в том случае, если ширина полосы видеосигнала меньше разрешающей способности по полосе пропускания.

Voltage (Напряжение): выполняется усреднение амплитуды обнаруженного сигнала и возвращается результат.

Power (Мощность): выполняется усреднение квадрата амплитуды обнаруженного сигнала и возвращается квадратный корень результата.

Log (Логарифм): выполняется усреднение натурального логарифма амплитуды обнаруженного сигнала и возвращается потенцированное значение результата.

Voltage Max (Макс. напряжение): возвращается максимальное напряжение (амплитуда сигнала), измеренное в период усреднения.

Voltage Min (Мин. напряжение): возвращается минимальное напряжение (амплитуда сигнала), измеренное в период усреднения.

Averaging Count (Число усредняемых значений): считывается число ходов развертки в полосе видеосигнала, которые усредняются вместе. Это показание отображается справа от поля выбора типа усреднения (небольшая единица в диалоговом окне выше). Оно может считываться через удаленный интерфейс с помощью команды SENS:SA:BAND:VID:AVER:COUNt?.

Settings (Настройки)

В этих полях задается диапазон частот (приемника) SA при выполнении частотной развертки линейного типа. Для определения диапазона частот используйте любую из перечисленных ниже пар настроек.

Start/Stop (Начальная/конечная частота): задаются начальная и конечная частоты диапазона приемника для развертки. Начальная частота — это начало оси X, а конечная частота — конец оси X. После ввода начальной и конечной частот они отмечаются в подписи к оси X на экране.

Center/Span (Центральная частота / ширина полосы): задаются значение середины диапазона частот и ширина диапазона частот. Центральная частота — это точная середина

оси X. На основе значения ширины полосы с каждой стороны от этой середины помещается по половине диапазона частот. После ввода центральной частоты и ширины полосы они отмечаются в подписи к оси X на экране.

Number of Points (Число точек): задайте число точек графика, отображаемых на экране.
В режиме обхода детектора число отображаемых точек доступно только для чтения. В данном поле отображается текущее число точек ДПФ для покрытия ВЧ-диапазона.

Примечание. При выполнении сегментированной развертки диапазоны частот определяются таблицей сегментов.

Attenuators (Аттенюаторы)

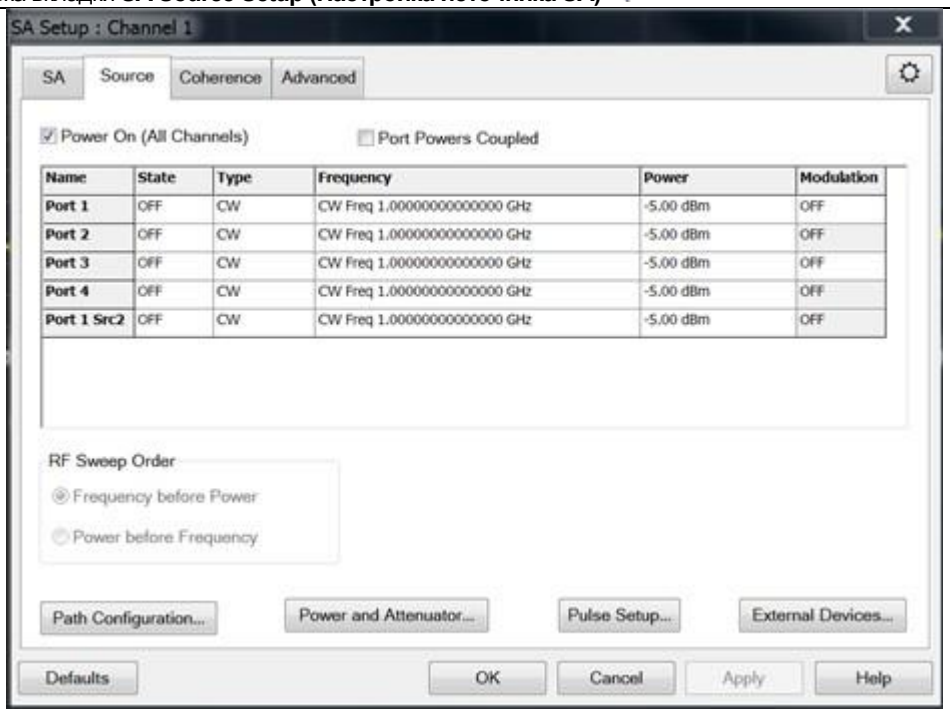
Аттенюация приемника предназначена для защиты приемников измерительных портов от повреждения или компрессии. Аттенюация приемника снижает подаваемую мощность на приемнике на величину аттенюации по сравнению с мощностью на измерительном порту.

Аттенюаторы приемника предлагаются в качестве опции.

Введите или выберите независимые значения аттенюации для каждого приемника измерительного порта.

Может быть задано предпочтение для математического смещения (или НЕ смещения) отображаемой мощности на приемниках измерительных портов на величину аттенюации приемника. По умолчанию у всех моделей VNA применяется смещение отображаемых показаний.

Справка вкладки **SA Source Setup (Настройка источника SA)** Команды программирования



Power On (All Channels) (Включить питание (все каналы)): поставьте этот флажок, чтобы включить источник питания всех каналов. Питание включается только в том случае, если настройка состояния порта — ON (ВКЛ).

Port Powers Coupled (Связывание мощности портов)

Coupled (Со связыванием) (флажок поставлен): уровни мощности на всех измерительных портах одинаковы. Если задать мощность на каком-либо одном испытательном порту, на всех остальных портах она будет доведена до того же уровня.

Uncoupled (Без связывания) (флажок снят): уровни мощности задаются независимо для каждого измерительного порта.

Снимите связывание мощности, например если требуется измерить усиление и развязку

усилителя с высоким коэффициентом усиления. Мощность, требуемая для входного порта усилителя, существенно ниже требуемой мощности выходного порта. Развертка мощности может выполняться и при несвязанной мощности. Подробнее о независимом задании мощности портов.

Ячейки источника

Name (Имя): в этом столбце перечислены измерительные порты, на которых доступен внутренний источник. Если настроен внешний источник, он появится в конце списка.

State (Состояние)

ON (ВКЛ): питание источника ВСЕГДА ВКЛЮЧЕНО. Включение порта 1 приведет также к включению порта 2, и наоборот. То же самое относится к порту 3 и порту 4.

OFF (Выключено): питание источника выключено постоянно, независимо от выполняемых измерений. Используйте эту настройку для предотвращения повреждения измерительного порта чувствительных тестируемых устройств.

No Control (Нет контроля): эта настройка доступна ТОЛЬКО для внешних источников. Приложение SA НЕ будет контролировать внешний источник.

Type (Тип) (развертка)

CW (Непрерывная волна): на источнике настроена развертка с непрерывной волной. LinFreq (Линейная частота): на источнике настроена развертка с начальной до конечной частоты. Power (Мощность): на источнике настроена развертка мощности.

LinF+Pwr (Линейная частота + мощность): на источнике настроена развертка с начальной до конечной частоты и развертка мощности. Порядок определяется настройкой Sweep Order (Порядок развертки) ниже.

Segments (Сегменты): на источнике настроена развертка с подразвертками частоты. Для каждого сегмента можно задать независимые уровни мощности, ширину полосы ПЧ и время развертки.

Frequency (Частота): щелкните по ячейке, затем нажмите Edit (Редактировать) для открытия диалогового окна Frequency Settings (Настройки частоты) (см. ниже).

Power (Мощность): задайте уровень мощности на выходе источника. Щелкните по ячейке, затем нажмите Edit (Редактировать) для открытия диалогового окна Power Settings (Настройки мощности) (см. ниже).

Modulation (Модуляция): выберите одно из значений: OFF (ВЫКЛ), ON (ВКЛ), Pulse (Импульс). Если настройка Enable Modulation Control (включить управление модуляцией) активирована, можно частично контролировать внешний источник модуляции (включать и выключать его состояние модуляции).

RF Sweep Order (Порядок развертки ВЧ)

Следующие настройки применяются только в том случае, если в качестве типа развертки выбран вариант LinF+Pwr (Линейная частота + мощность).

Frequency First (Сначала частота): сначала выполняется развертка с начальной до конечной частоты, затем развертка мощности. Power First (Сначала мощность): сначала выполняется развертка мощности, затем развертка с начальной до конечной частоты.

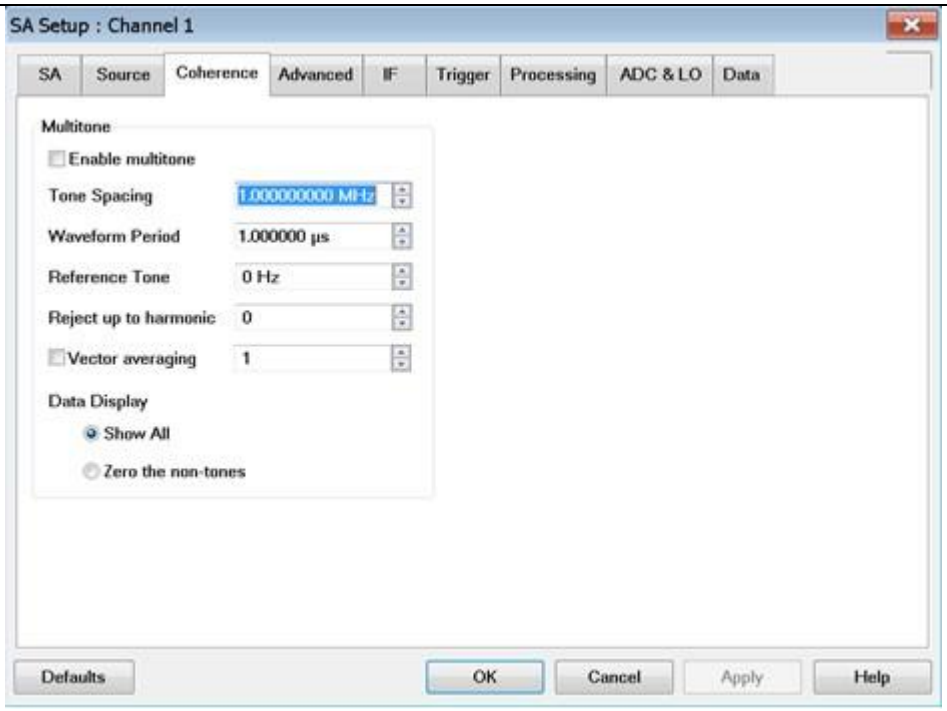
Кнопки

Path Configuration (Конфигурация тракта) Подробнее

Pulse Setup (Настройка импульса) Подробнее

External Devices (Внешние устройства)

Power and Attenuator (Мощность и аттенюатор) Подробнее



Multitone (Многотоновый сигнал)
Набор настроек Multitone обеспечивает расширенный режим подавления помех от зеркального канала, основанный на знании входного испытательного сигнала.

Если входной испытательный сигнал повторяется со скоростью повторения x секунд, он содержит только тоны на сетке частот 1/x. Пример: если испытательный сигнал, поступающий из произвольного генератора волн, повторяется каждую 1 мс, то он содержит только частоты на сетке 1 кГц (шум здесь не учитывается). Мы примем это во внимание при составлении сетки анализа ДПФ PNA-SA, которая окажется именно такой сеткой.

Кроме того, мы будем использовать знания об испытательном сигнале для корректировки частот сигнала гетеродина PNA-SA, чтобы избежать ситуации, когда 2 тона многотонового входного испытательного сигнала окажутся в одном и том же месте на стороне ПЧ PNA. Это делает процесс подавления помех от зеркального канала детерминированным.

Enable multitone image rejection (Включить многотоновое подавление зеркального канала)

Включено (флажок поставлен): **остальные параметры в диалоговом окне Multitone принимаются во внимание.**

При включении этого режима устанавливается произвольный режим ДПФ, конфигурация полосы пропускания устанавливается на значение No Window (Без окна), сетка RBW разрешающей способности по полосе пропускания устанавливается на подходящие значения и соответствующим образом задается список гетеродинов анализа. Эта настройка несовместима с расширенными настройками Force ADC record size (Принудительный размер записи ADC) или Force LO to frequency (Принудительная частота гетеродина).

Отключено (флажок снят): традиционный стохастический режим подавления зеркального канала приложения PNA-SA. Когда этот режим отключен, тип окна снова устанавливается на значение, действовавшее до включения этого режима, и список разрешения по полосе пропускания также возвращается к предыдущей настройке.

Tone Spacing (Разнос между тонами): разнос межу тонами многотонового сигнала (Гц).
Waveform Period (Период формы сигнала): 1 на разнос между тонами. Это частота повторения испытательного сигнала (в секундах). **Reference Tone** (Опорный тон): если многотоновая сетка начинается не с 0 Гц, ее смещение указывается здесь. Для удобства в этом диалоговом окне допускается также ввод частоты любого тона многотоновой сетки (Гц).
Reject up to harmonic (Подавлять до гармоники): укажите число гармоник испытательного сигнала, защита от которых вам требуется. Это добавит ограничения к списку гетеродинов, используемых для

охвата этого диапазона.

Vector Averaging (Векторное усреднение): усреднение замеров ADC на заданную величину (≥ 1) в памяти ПЛИС перед обработкой ДПФ. Например, если получен размер записи ADC с 1000 замеров и для векторного усреднения задано значение 2, то 1000 замеров будут усреднены до 1000 замеров и результат (1000 замеров) будет сохранен в памяти ПЛИС. Другими словами, мы получаем 2000 замеров из ADC и отправляем 1000 усредненных замеров на следующий этап обработки. Векторное усреднение помогает уменьшить шум и увеличить динамический диапазон. Однако эту функцию следует использовать только тогда, когда частоты входного испытательного сигнала известны и когерентны с текущим размером записи ADC. Величина 1 означает отсутствие усреднения. Обратите внимание: эта функция действует так же, как и функция стекирования ADC (значение параметра Stacking + 1). Максимальное значение усреднения составляет не более 65536. Оно зависит от разрешающей способности по полосе пропускания и прореживания.

Флажок: поставьте флажок, чтобы разрешить задание вручную векторного усреднения замеров ADC.

Примечание. Векторное усреднение и усреднение видеосигнала не могут использоваться одновременно. При включении векторного усреднения, если активирован когерентный режим, полоса видеосигнала отключается. Произведение размера записи ADC и векторного усреднения должно быть ≤ 64 млн замеров (или ≤ 32 млн для некоторых конфигураций с несколькими приемниками).

Примечание. Векторное усреднение — прекрасный способ усреднения, когда включен когерентный многотоновый режим. Для снижения минимального уровня шума мы рекомендуем увеличивать его значение в когерентном многотоновом режиме вместо уменьшения разрешающей способности по полосе пропускания.

Примечание. Когерентный режим (а также векторное усреднение) будет хорошо работать только при условии, что опорные тактовые сигналы источника сигнала и PNA синхронизированы. Обычно это достигается путем подключения кабеля BNC опорного сигнала 10 МГц между источником сигнала и PNA.

Примечание. Векторное усреднение также известно как стекирование. По сути, векторное усреднение равнозначно стекированию +1.

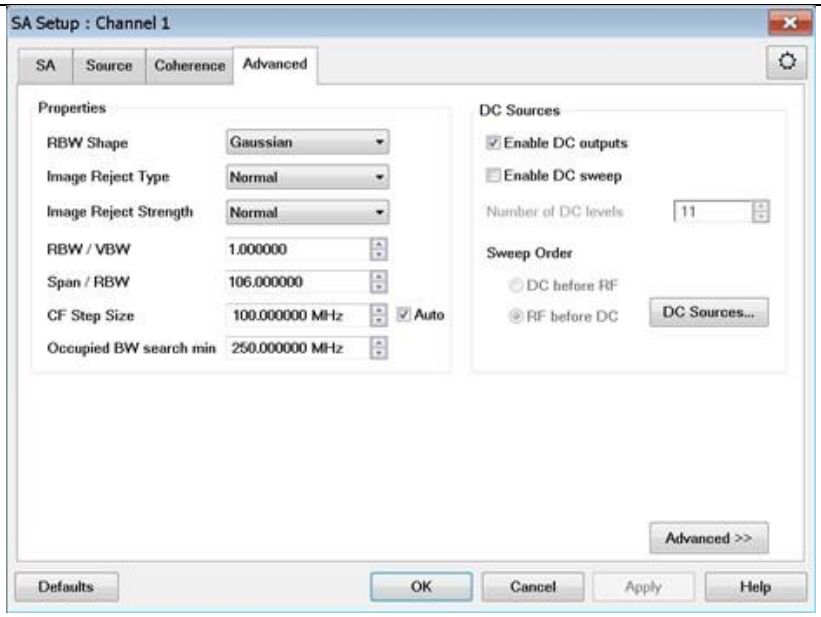
Data Display (Отображение данных)

Show All (Показать все): **традиционная настройка; отображаются шумы и паразитные сигналы между тонами. Обратите внимание, что конфигурация полосы пропускания для многотоновых сигналов (Без окна) делает неточными значения шума или амплитуды паразитных сигналов, выходящих за пределы сетки.**

Zero the non-tones (Обнулять нетональные сигналы): амплитуды частот диапазона, которые не находятся на многотоновой сетке, перед коррекцией устанавливаются на –200 дБм. В результате этого индикатор уровня мощности в полосе частот измеряет только мощность для многотоновых частот, но не мощность шума.

Справка диалогового окна **Advanced Settings (Расширенные настройки)**

Команды программирования



Properties (Свойства)

RBW Shape (Конфигурация полосы пропускания): выберите цифровой фильтр (окно), который будет применяться к ПЧ-сигналу временной области. Этот фильтр по сути «оформляет» сигнал перед применением ДПФ в целях предотвращения неоднородностей, которые добавляют в спектр нежелательный частотный состав. У каждого фильтра имеются свои преимущества и недостатки.

Gaussian (Гауссовское): выберите для применения гауссовского окна. Гауссовское окно дает хорошее частотное разделение и среднюю погрешность измерения амплитуды. Это окно обеспечивает более высокий динамический диапазон, поскольку его боковые лепестки значительно ниже. Оно используется для измерений общего назначения и в тех случаях, когда необходим высокий динамический диапазон.

Flat Top (С плоской вершиной): выберите окно с плоской вершиной для измерения амплитуды синусоидальных частотных составляющих. Окно с плоской вершиной дает среднее частотное разделение и очень низкую погрешность измерения амплитуды. Оно обычно используется для узкополосных сигналов, когда измеряется амплитуда определенной частотной составляющей и требуется более высокая точность измерения амплитуды.

Kaiser (Кайзера): окно Кайзера — это приближение окна Слепиана с использованием функций Бесселя. Это окно дает относительно высокий динамический диапазон и похоже на окно Блэкмана.

Blackman (Блэкмана): выберите для применения окна Блэкмана. Это окно дает относительно высокий динамический диапазон и похоже на окно Кайзера.

No Window (Без окна): при выборе этого варианта данные временной области никак не меняются перед применением ДПФ. Это очень быстрый вариант, но при его использовании возможно большое число боковых лепестков в частотной области из-за просачивания спектральных составляющих. Он дает график прямоугольной формы и не предусматривает аттенюации какой-либо части записи временных данных.

Image Reject Type (Тип подавления зеркального канала): задайте минимальное количество отдельных порций полученных данных ДПФ, которое должно использоваться для вычисления фактического сигнала. Количество отборов данных ДПФ увеличивается последовательно с настройки **None, LO Low** (Нет, низкий гетеродин) до настройки **Max** (Макс.), и, соответственно, увеличивается количество устраняемых ложных сигналов.
Таким образом, настройки Better (Лучше) и Max (Макс.) дают максимальную гарантию, что оставшиеся сигналы действительно являются фактическими сигналами, но за счет несколько меньшей скорости измерений.

None LO High (Нет, высокий гетеродин): выбирается 1 отбор данных при сигнале гетеродина, который выше частоты приемника.

Примечание. Выбор настройки None, LO High (Нет, высокий гетеродин) при полном диапазоне невозможен. См. предупреждающие сообщения SA.

None, LO Low (Нет, низкий гетеродин): выбирается 1 отбор данных при сигнале гетеродина, который ниже частоты приемника.

Примечание. Выбор настройки None, LO Low (Нет, низкий гетеродин) при полном диапазоне невозможен. См. предупреждающие сообщения SA.

Min (Мин.): выбирается 2 отбора данных.

Normal (Нормальный): выбирается 4 отбора данных.

Better (Лучше): выбирается 6 отборов данных.

Max (Макс.): выбирается 8 отборов данных.

Image Reject Strength (Сила подавления зеркального канала): задайте силу подавления зеркального канала. Во время процесса подавления помех от зеркального канала несколько отборов данных гетеродина пересекаются на одной и той же частоте ВЧ (в зависимости от типа подавления зеркального канала). В результате могут быть возвращены разные значения ВЧ-сигнала. Эта функция устанавливает допустимую разницу в мощности между измерениями, выполненными с различными гетеродинами для определения фактических сигналов. Возможные значения: Weak (Слабое подавление), Normal (Нормальное подавление) и Strong (Сильное подавление). Слабое подавление допускает больше различий между измерениями, а сильное — меньше.

RBW/VBW (Разрешающая способность по полосе пропускания / Ширина полосы видеосигнала): задается соотношение между разрешающей способностью по полосе пропускания и шириной полосы видеосигнала, когда для ширины полосы видеосигнала задан автоматический режим.

Span/RBW (Диапазон / Разрешающая способность по полосе пропускания): задается соотношение между диапазоном и разрешающей способностью по полосе пропускания, когда для разрешающей способности по полосе пропускания задан автоматический режим.

CF Step Size (Размер шага центральной частоты): задайте вручную величину изменения центральной частоты при нажатии кнопок ▲|▼ (рядом со значением).

Auto (Авто): при каждом нажатии стрелок ▲|▼ центральная частота увеличивается или уменьшается на 5 % от текущего диапазона частот.

Occupied BW search min (Мин. поиск занимаемой полосы пропускания): задайте минимальную частоту поиска, которая будет использоваться при выполнении измерения по поиску занимаемой полосы пропускания. Мощность ниже этой частоты игнорируется. См. коэффициент занимаемой полосы пропускания, чтобы узнать о настройке этого типа измерения.

DC Sources (Источники постоянного тока)

Параметры управления источниками постоянного тока позволяют измерять спектр при разных настройках источников постоянного тока.

Enable DC Outputs (Включить выходы постоянного тока): поставьте флажок, чтобы включить все выходы источников постоянного тока, которые включены в диалоговом окне DC Source (Источник постоянного тока). Эта же настройка доступна в диалоговом окне DC Source.

Enable DC Sweep (Включить свипирование постоянного тока): поставьте флажок, чтобы включить свипирование источников постоянного тока между начальным и конечным напряжением. Когда флажок снят, источники постоянного тока будут установлены на начальное напряжение.

DC Sources... (Источники постоянного тока...): настройка конфигурации внутренних источников постоянного тока.

Number of DC levels (Количество уровней постоянного тока): задайте количество уровней напряжения при свипировании постоянного тока.

Следующие настройки применяются к последовательности цикла измерений. Приложение SA можно запрограммировать таким образом, чтобы оно циклически делало серию измерений спектра при разных частотах ВЧ-источника, разных мощностях ВЧ-источника и разных напряжениях постоянного тока. Эти кнопки-переключатели определяют, будут ли источники постоянного тока свипироваться до или после свипирования мощности и частоты ВЧ-сигнала.

Sweep Order (Порядок свипирования)

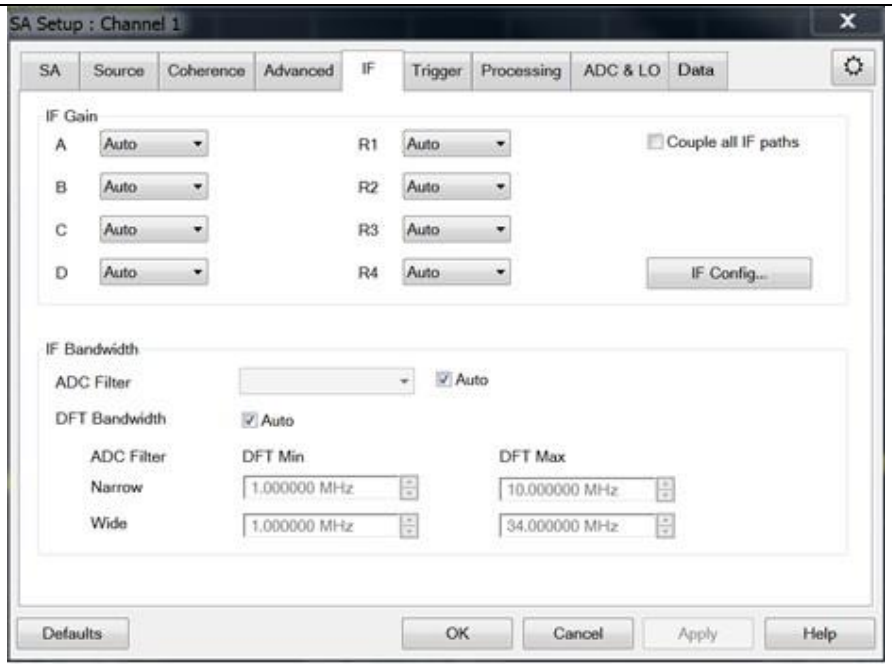
DC before RF (Постоянный ток перед ВЧ): сначала выполняется развертка по всем шагам напряжения постоянного тока, затем приложение переходит к следующей частоте.

RF before DC (ВЧ перед постоянным током): сначала выполняется развертка по всем шагам частоты, затем приложение переходит к следующему напряжению постоянного тока.

Кнопка Advanced >> (Расширенные >>): нажмите, чтобы открыть диалоговые окна IF, Trigger, Processing, ADC & LO и Data.

Справка вкладки **IF (Промежуточные частоты)**

Команды программирования



IF Gain (Усиление ПЧ)

Auto (Авто): с этой настройкой для каждого тракта ПЧ-приемника выбирается подходящая величина усиления относительно полос частот ВЧ.

Либо может быть задан определенный коэффициент усиления (в дБ) для трактов приемников ПЧ.
Couple all IF paths (Связать все ПЧ-тракты): когда этот флажок поставлен, для всех приемников устанавливаются одинаковые настройки. Когда флажок снят, для каждого приемника могут быть заданы отдельные настройки.

IFConfig (Конфигурация ПЧ): нажмите, чтобы перейти к диалоговому окну IF Path Configuration (Конфигурация тракта ПЧ).

IF Bandwidth (Ширина полосы ПЧ)

ADC Filter (Фильтр ADC): эта настройка позволяет выбрать между узким и широким фильтрами ПЧ в тракте подавления помех спектрального наложения.

Narrow 11MHz (Узкий 11 МГц): выбирается тракт фильтра ПЧ ADC на 11 МГц. Если выбрать тракт узкого фильтра ПЧ при разрешающей способности по полосе пропускания более 1 МГц, появится предупреждающее сообщение. См. предупреждающие сообщения SA.

Wide 38MHz (Широкий 38 МГц): выбирается тракт фильтра ПЧ ADC на 38 МГц.

Auto (Авто): поставьте этот флажок, чтобы настройка фильтра ADC задавалась автоматически на основе частоты дискретизации ADC.

DFT Bandwidth Auto (Ширина полосы ДПФ: Авто): эта настройка позволяет применять для ширины полосы ДПФ значения по умолчанию.

Когда флажок **Auto** поставлен, применяются следующие значения по умолчанию: Узкий — от 1 до 10 МГц

Широкий — от 1 до 34 МГц

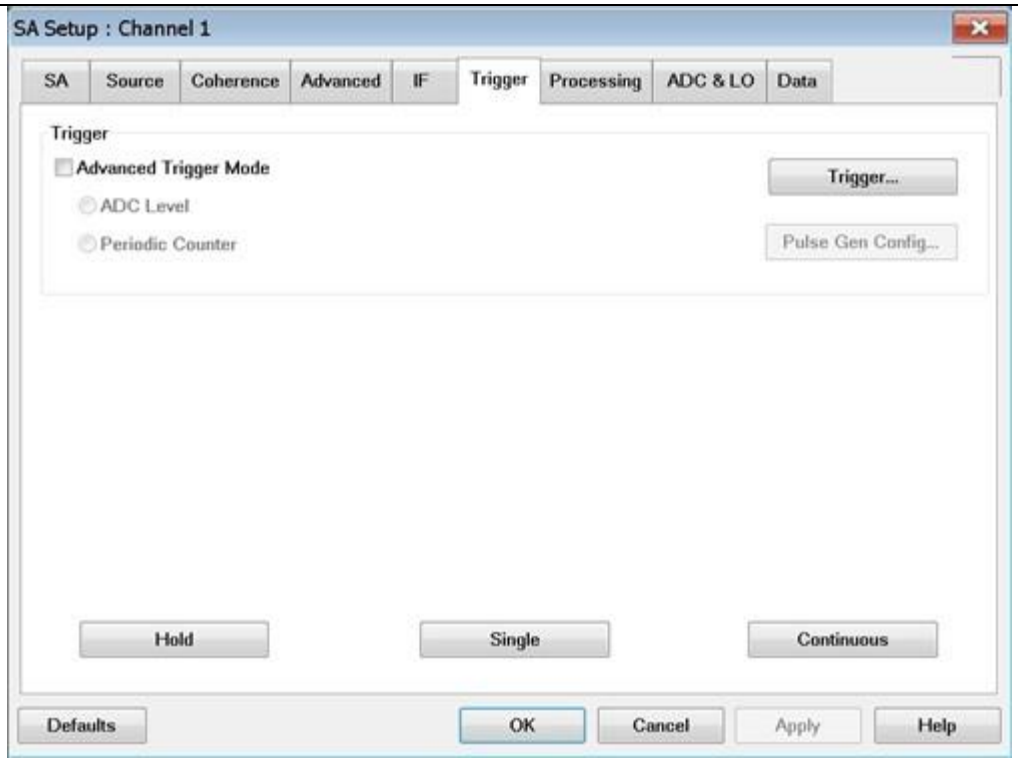
Когда флажок Auto снят, значения могут быть введены вручную. Пределы:

Узкий — от 500 кГц до 11 МГц

Широкий — от 500 кГц до 44 МГц

Справка вкладки **Trigger (Триггер)**

Команды программирования



Trigger (Триггер)

Advanced Trigger Mode (Расширенный режим триггера): поставьте этот флажок, чтобы включить триггер измерений, основанный на уровне ADC или определенном периоде времени.

ADC Level (Уровень ADC): триггер измерения срабатывает каждый раз, когда уровень ADC любого работающего приемника больше заданного значения (0 ≤ уровень ADC ≤ 1683). Уровень 100 рекомендуется в качестве значения по умолчанию. Уровень ADC — это некалиброванное значение, отражающее пиковую амплитуду сигнала. Энергия ВЧ будет обнаруживаться только в пределах текущей полосы ПЧ, поэтому имеет смысл использовать эту настройку одновременно с принудительной настройкой гетеродина или узкой полосой SA.

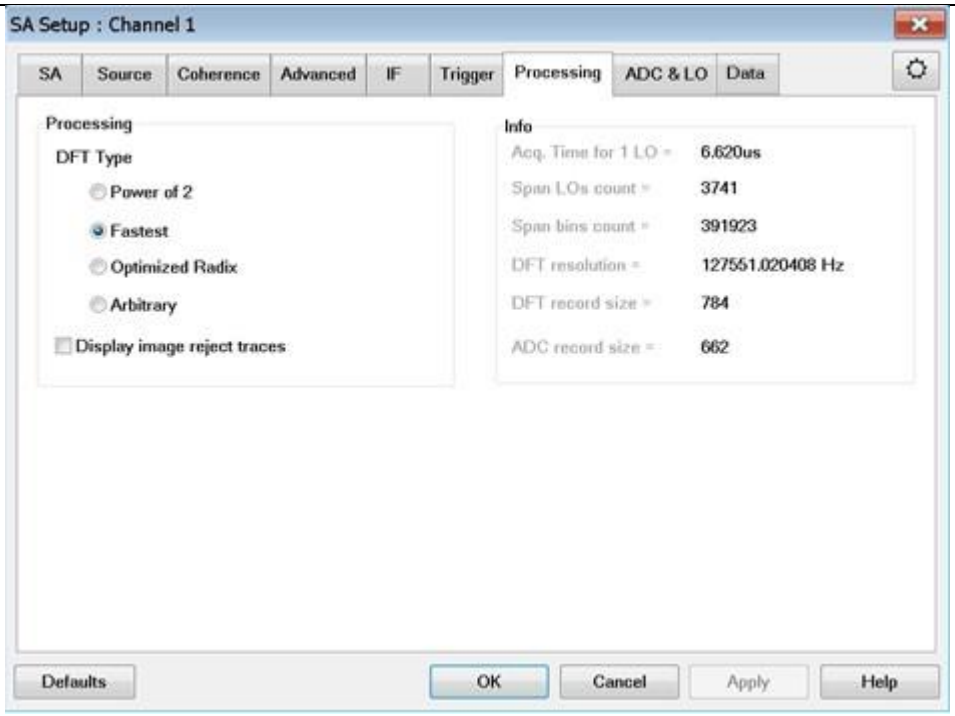
Periodic Counter (Периодический счетчик): триггер измерения срабатывает на основе заданного периода времени. Например, если периодический счетчик установлен на значение 1 000 000, то сбор данных происходит каждую 0,01 секунды (1 000 000 x частота дискретизации ADC (10 нс)).

Trigger... (Триггер...): нажмите, чтобы открыть диалоговое окно Trigger для настройки запуска триггера.

Pulse Gen Config... (Конфигурация генератора импульсов...): нажмите, чтобы открыть диалоговое окно Pulse Generator Setup для настройки импульсных измерений.

Hold (Удержание): канал не принимает сигналов запуска.

Single (Одиночный): канал принимает ОДИН сигнал запуска, после чего переходит в режим удержания. Continuous (Непрерывное): канал принимает неограниченное число сигналов запуска.



Processing (Обработка)

DFT Type (Тип ДПФ): задайте тип размера записи ДПФ. Доступны следующие типы.

Power of 2 (Степень 2): в качестве размера записи ДПФ задается ближайшая степень числа 2, которая больше или равна текущему размеру записи ADC.

Fastest (Самый быстрый): задается размер записи ДПФ, максимально близкий к размеру записи ADC (больший или равный ему), насколько это возможно при оптимальной скорости обработки.

Optimized Radix (Оптимальное основание): в качестве размера записи ДПФ задается минимальное целое число, большее или равное размеру записи ADC, которое может быть разложено с основаниями 2, 3, 5, 7, 11, 13.

Arbitrary (Произвольный): размер записи ДПФ задается равным размеру записи ADC. Если текущее значение размера записи ADC — большое простое число, процесс ДПФ может быть очень медленным.

Display image reject traces (Отображать графики подавления зеркального канала): поставьте этот флажок, чтобы отображались данные, полученные каждым гетеродином. Минимальное число значимых графиков определяется настройкой Image Reject (описанной выше в разделе диалогового окна Advanced).

О графиках подавления зеркального канала

Эти графики показывают спектральный состав измеренного сигнала для каждой частоты гетеродина, используемой при получении данных. Количество отображаемых графиков ImageReject связано с настройкой параметра Image Reject. Например, при выборе настройки Normal отображаются обычно 5 графиков ImageReject (и минимум 4).

Эта функция предназначена для целей диагностики в тех случаях, когда что-то выглядит подозрительно.

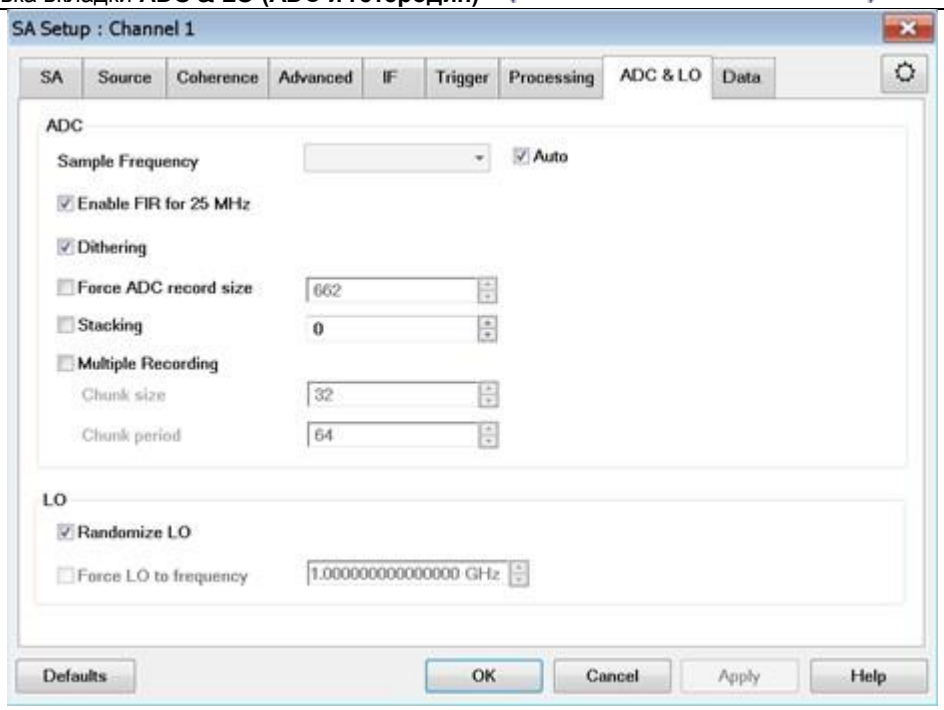
Примечание. К графикам подавления зеркального канала не применяются калибровка смесителя и пользовательская калибровка, поэтому показание амплитуды будет неточным.

Info (Информация)

Acq. Time for 1 LO (Время сбора данных для 1 гетеродина): здесь отображается время получения данных гетеродина, которое равно следующему произведению: размер записи ADC x частота дискретизации ADC (10 нс или 40 нс) x (1 + значение параметра стекирования) x (коэффициент усреднения видеосигнала). Когда настройки, влияющие на это значение, меняются, отображаемое значение не обновляется автоматически, а затеняется. Чтобы обновить его, либо

закройте и снова откройте это диалоговое окно, либо нажмите кнопку Update Info (Обновить информацию). Анализатор должен быть в процессе развертки, чтобы произошло обновление значений. Span LOs count (Число гетеродинов полосы): здесь показано число отборов данных гетеродинов, определяемое параметром Image Reject и полосой обзора. Когда настройки, влияющие на это значение, меняются, отображаемое значение не обновляется автоматически, а затеняется. Чтобы обновить его, либо закройте и снова откройте это диалоговое окно, либо нажмите кнопку Update Info (Обновить информацию). Анализатор должен быть в процессе развертки, чтобы произошло обновление значений.
Span bins count (Число бинов полосы): здесь отображается текущее число бинов ДПФ полосы — количество обработанных точек ДПФ по всей полосе ВЧ. Когда выбран обход детектора, это число равно количеству точек, отправляемых на дисплей.
DFT resolution (Разрешение ДПФ): разрешение ДПФ.
DFT record size (Размер записи ДПФ): текущий размер записи ДПФ.
ADC record size (Размер записи ADC): значение размера записи ADC.

Справка вкладки **ADC & LO (ADC и гетеродин)** Команды программирования



ADC

ADC Sample Frequency (Частота дискретизации ADC): выберите частоту от 100 до 25 МГц.

Auto (Авто): поставьте этот флажок, чтобы частота дискретизации ADC настраивалась автоматически.

Enable FIR for 25 MHz (Включить КИХ на 25 МГц): поставьте флажок, чтобы включить КИХ-фильтр для прореживания 25 МГц. Это снижает минимальный уровень шума.

Dithering (Подмешивание шума): поставьте этот флажок, чтобы разрешить подмешивание шума ADC с целью исключить путем усреднения характерные «ступеньки», возникающие в процессе преобразования ADC.

Force ADC record size (Принудительный размер записи ADC): эта настройка задает размер записи ADC, который зависит от разрешающей способности по полосе пропускания и частоты дискретизации ADC.

$$ADC\ Record\ Size = \frac{1}{ResBW} \times ADC\ Sampling\ Frequency \times Window\ Expansion\ Factor$$

Флажок: поставьте флажок, чтобы размер записи ADC можно было задать вручную. Это действие также задаст разрешающую способность по полосе пропускания. Пределы значений: от 64 замеров до 32 или 64 млн замеров в зависимости от выбранных приемников. Размер ДПФ будет вычислен заново в соответствии с настройкой типа ДПФ. Когда флажок снят, в поле рядом отображается текущее значение размера записи ADC. Эта функция несовместима с когерентным многотоновым режимом.

Stacking (Стекирование): стекирование замеров ADC в соответствии с заданной величиной (≥ 1) и сохранение результата в памяти. Например, если получен размер записи ADC с 1000 замеров и для стекирования задано значение 1, то 1000 замеров будут добавлены к 1000 замеров и результат (1000 замеров) будет сохранен в памяти. Другими словами, мы получаем 2000 замеров из ADC и отправляем 1000 стекированных замеров на следующий этап обработки. Стекирование помогает уменьшить шум и увеличить динамический диапазон. Однако эту функцию следует использовать только тогда, когда частоты входного испытательного сигнала известны и когерентны с текущим размером записи ADC. Величина 0 означает отсутствие стекирования.

Флажок: поставьте флажок, чтобы включить стекирование замеров ADC и задать его вручную.

Примечание. Стекирование и усреднение видеосигнала не могут использоваться одновременно; усреднение видеосигнала имеет приоритет. Произведение размера записи ADC и значения (Stacking + 1) должно быть не больше 64 млн замеров.

Примечание. Стекирование — прекрасный способ усреднения, когда включен когерентный многотоновый режим. Для снижения минимального уровня шума мы рекомендуем увеличивать его значение в когерентном многотоновом режиме вместо уменьшения разрешающей способности по полосе пропускания.

Multiple Recording (Множественная запись): поставьте этот флажок, чтобы разрешить деление размера записи ADC на части меньшего размера и ее получение этими частями, а также задать период ожидания между получениями этих частей.

Chunk Size (Размер части): задайте размер частей записи ADC, которые требуется получать. Например, если размер записи ADC равен 2048, а размер части установлен на 256, то запись ADC будет получена 8 частями (1 ≤ размер части ≤ размер записи ADC).

Chunk Period (Период части): задайте период ожидания между частями записи ADC.

Примечание. Эта функция совместима с когерентным многотоновым режимом.

LO (Гетеродин)

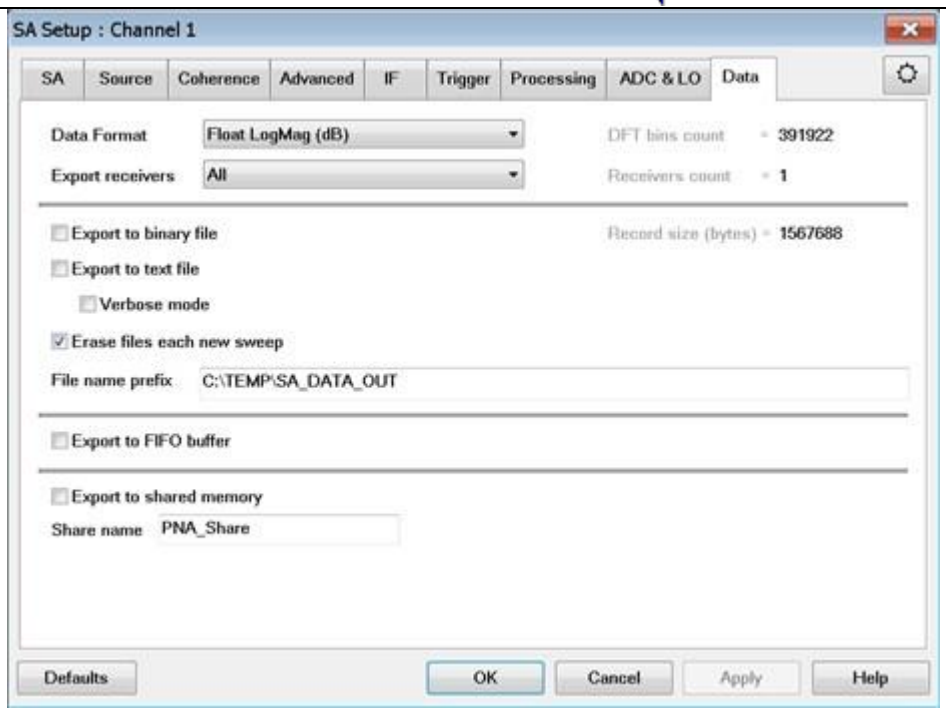
Randomized LO (Рандомизированный гетеродин): поставьте этот флажок, чтобы разрешить подмешивание шума в значения гетеродина при выполнении развертки. Разрешение рандомизации гетеродина снижает вероятность появления ложных сигналов в последнем измерении.

Force LO to Frequency (Принудительная частота гетеродина): задайте для гетеродина определенную частоту. Этот флажок можно использовать, только если для параметра Image Reject выбрано значение None, LO Low или None, LO High.

Флажок: поставьте флажок, чтобы частота гетеродина могла быть задана вручную.

Справка вкладки **Data (Данные)**

Команды программирования



Data Format (Формат данных)

Float LogMag (dB) (Плавающая логарифмическая амплитуда (дБ)): **в качестве формата данных задается логарифмическая амплитуда в дБм.**

Float LinMag (Плавающая линейная амплитуда): **в качестве формата данных задается линейная амплитуда в вольтах.**

Integers (Целые):
задает в качестве формата данных Packed Integers (Уплотненные целые) (каждое значение представляет собой короткое 16-битное целое число); формула для вычисления значения в дБм имеет вид: дБм = Xshort/200,0 – 36,1645.
Export receivers (Экспорт с приемников): выберите для экспорта данных определенный приемник или все приемники.

DFT bins count (Число бинов ДПФ): здесь отображается текущее число бинов ДПФ — количество обработанных точек ДПФ по всей полосе ВЧ. Когда выбран обход детектора, это число равно количеству точек, отправляемых на дисплей.

Receivers count (Число приемников): здесь отображается число приемников, с которых в данный момент экспортируются данные. Это число может быть меньше числа приемников, выбранных в параметре Export Receivers, если некоторые из них не выбраны в канале.

Export to binary file (Экспортировать в двоичный файл): укажите, что данные должны экспортироваться в двоичный файл. Данные не экспортируются до следующей новой развертки.

Export to text file (Экспортировать в текстовый файл): экспортируются только данные. Данные не экспортируются до следующей новой развертки.

Verbose mode (Подробный режим): экспортируются и частота, и данные. Данные не экспортируются до следующей новой развертки.

Erase files each new sweep (Стирать файлы при каждой новой развертке): при выборе этого варианта данные будут стираться после каждой развертки. Когда этот флажок снят, данные каждой новой развертки добавляются в файл выходных данных, что может сильно увеличить размер файла (и переполнить диск, со всеми нежелательными последствиями).

File name prefix (Префикс имени файла): имя приемника, выбранного в параметре Export receivers, будет добавлено к указанному в этом поле префиксу в имени файла .txt, если данные экспортируются в текстовый файл, или файла .bin, если данные экспортируются в двоичный файл. Например, если в поле префикса имени файла введено C:\Temp\SA_DATA_OUT и экспортируются

данные приемника B в текстовый файл, то данные будут экспортироваться в файл с именем SA_DATA_OUT_B.txt.

Record size (bytes) (Размер записи (байты)): это размер двоичных выходных данных в байтах.

Export to FIFO buffer (Экспорт в буфер FIFO): данные экспортируются в буфер данных FIFO (First-IN, First-OUT — первый на входе, первый на выходе). FIFO — это кольцевой буфер, который обеспечивает очень быстрый доступ для чтения-записи.

Export to shared memory (Экспорт в память с общим доступом): данные экспортируются в память с общим доступом (функциональная возможность Microsoft Windows). Это самый быстрый способ переноса данных между приложениями. Приложение, получающее данные, должно быть зарегистрировано в Microsoft Windows с тем же общим именем.

Share name (Общее имя): присвойте указанное имя общим данным.

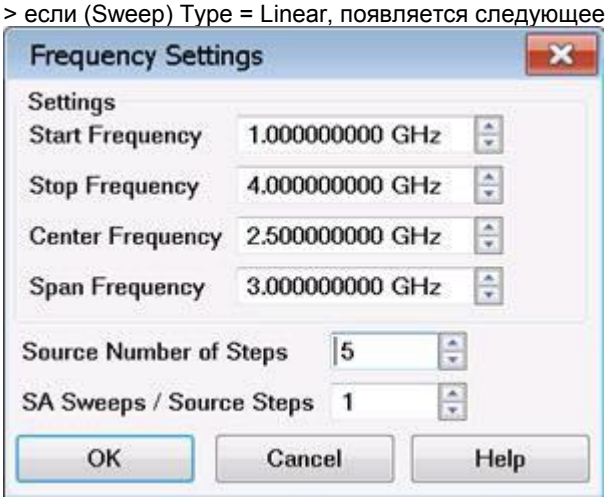
Справка диалогового окна **(Source) Frequency Settings (Настройки частоты (источника))**

Команды программирования

На вкладке SA Setup Source (см. выше):

> если (Sweep) Type = CW, задайте частоту непрерывной волны;

> если (Sweep) Type = Linear, появляется следующее диалоговое окно:



Settings (Настройки)

Установите диапазон частот источника. Диапазон частот задается с помощью любых из перечисленных ниже пар настроек.

Start/Stop (Начальная/конечная частота): задаются начальная и конечная частоты диапазона для развертки. Center/Span (Центральная частота / ширина полосы): задаются значение середины диапазона частот и ширина диапазона частот.

Source Number of Steps (Число шагов источника): задайте число шагов, которые сделает

источник в пределах заданного диапазона частот источника.

SA Sweeps / Source Step (Ходы развертки SA / шаг источника): задайте число ходов развертки (приемника) SA на каждый шаг источника. Эта настройка является общей для всех источников.

Справка диалогового окна **(Source) Power Settings (Настройки мощности (источника))**

Команды программирования

На вкладке SA Setup Source (см. выше):

> если (Sweep) Type = CW или LinFreq, задайте уровень мощности;

> если (Sweep) Type = Power или LinF+Pwr, появляется следующее диалоговое окно:

Settings (Настройки)

Установите диапазон мощности источника. Диапазон мощности задается с помощью любых из перечисленных ниже пар настроек.

Start/Stop (Начальная/конечная мощность): задаются начальная и конечная мощность диапазона для развертки. Center/Span (Центральная мощность / ширина полосы): задаются значение середины диапазона мощности и ширина диапазона мощности.

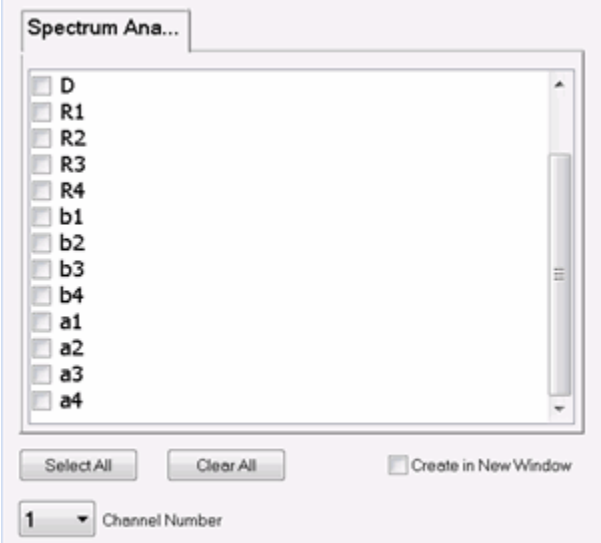
Source Number of Steps (Число шагов источника): задайте число шагов, которые сделает источник в пределах заданного диапазона мощности источника.

SA Sweeps / Source Step (Ходы развертки SA / шаг источника): задайте число ходов развертки (приемника) SA на каждый шаг источника. Эта настройка является общей для всех источников.

Измеряемые параметры

Порядок выбора и настройки параметров измерений	
С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки Выберите график, нажав **Trace** > ***Trace N*** > **Trace N**. Нажмите **Trace** > ***Trace Setup*** > **Measure...** Выберите параметр.	**С помощью мыши** Щелкните правой кнопкой мыши по графику. Выберите параметр.

Диалоговое окно измерения



Выберите один из приемников измерительных портов для выполнения измерения. Измерительные порты обозначены как в традиционной нотации VNA, так и в нотации приемника. Подробнее.

Либо выберите измерение ImageReject, если был поставлен флажок Display Image Reject Traces (Отображать графики подавления зеркального канала).

Create in New Window (Создать в новом окне): когда поставлен этот флажок, выбранные измерения будут созданы в новом окне.

Маркеры SA Команды программирования

Следующие возможности, относящиеся к маркерам, доступны только в SA.

Marker -> SA (Маркер -> SA)

Данная функция поддерживается ТОЛЬКО при использовании с классами измерений (каналами) Standard, SMC или Swept IMD. В данном разделе они называются каналами NA.

В стандартном канале при маркере, находящемся на графике в канале NA, нажатие кнопки Marker -> SA создает новый канал SA в полном диапазоне частот. Касательно каналов Swept IMD и SMC см. следующую информацию:

Swept IMD: диапазон = 10 * приращение частоты

SMC: канал SA использует диапазон частот приемника

Маркер создается на графике с той же частотой, что и у графика в канале NA. Это позволяет быстро просмотреть спектр частот канала NA на определенной частоте.

В канале SA включается тот же источник, который используется для графика в канале NA, в режиме CW на частоте маркера.

Для канала SA используется тот же приемник, что и для канала.

Для каждого нового канала NA создается новый канал SA. Последующие маркеры в том же канале NA используют тот же канал SA.

В целом функция Marker -> SA создает новое измерение в канале SA только при отсутствии уже существующего измерения. Например, если в измерении S11 в стандартном канале используется маркер, функция Marker -> SA создает измерение, используя измерительный приемник A с портом 1 в качестве источника. Если затем применить Marker -> SA к измерению S12, будет использоваться тот же измерительный приемник A, за исключением того, что источником станет порт 2. В этом случае новый график SA не будет создан.

Использование функции Marker => SA

Когда маркер находится на графике в стандартном канале...

С помощью мыши: щелкните правой кнопкой по маркеру и выберите Functions

(Функции), затем Marker -> SA. С помощью клавиатуры: при активном (выделенном)

нужном маркере нажмите Alt+M, F, A.

Без мыши и клавиатуры: при активном (выделенном) нужном маркере нажмите **Marker**, ***Marker -> Functions***, затем **Marker -> SA**.

Маркеры полосы

Маркеры следующих двух типов предоставляют показания общей мощности или общего шума в выбранной полосе частот. Полоса отмечена вертикальными линиями с обеих сторон маркера.

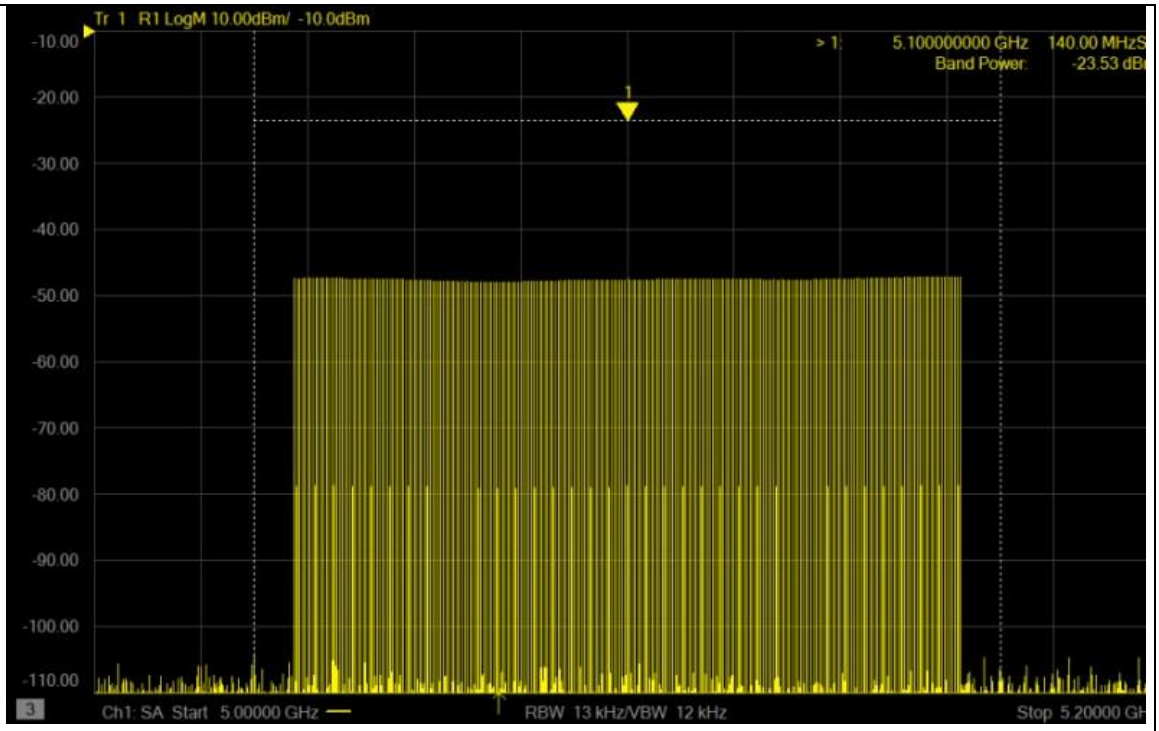
Эти маркеры можно использовать с включенным отслеживанием маркеров. Подробнее.

Band Power (Мощность полосы): эти маркеры предоставляют показание общей мощности в заданной полосе частот.

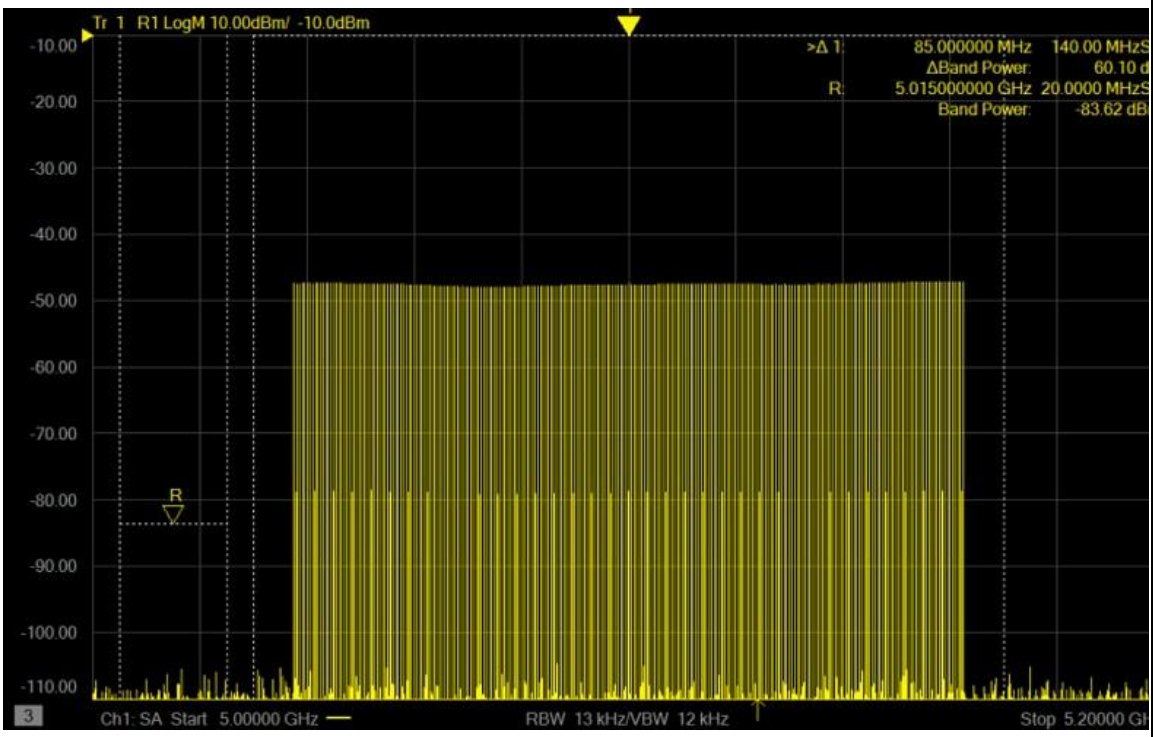
Band Noise (Шум полосы): та же измеренная мощность, которая математически нормализуется по ширине полосы 1 Гц таким же образом, как и маркер уровня шума. Подробнее.

Примечание. Когда выбран маркер Band Power или Band Noise, дискретный режим отключается для обеспечения точности измерений во всем желаемом диапазоне частот.

Полоса отмечена вертикальными пунктирными линиями с обеих сторон маркера. Значения на оси Y маркера — это измеренные значения мощности.



Если маркер Band Power или Band Noise находится в режиме Delta, разница между маркером Band Power или Band Noise и опорным маркером отображается с начальным символом дельты.



Выбор маркера Band Power или Band Noise

Нажмите **SEARCH** (ПОИСК), затем [Search...]. Появится следующее диалоговое окно:

Выберите существующий маркер.

В поле Search Type (Тип поиска) выберите Band Power или Band Noise.

В поле Span (Полоса) введите полосу частот, мощность или шум в которой будет отображать маркер. Нажмите OK.

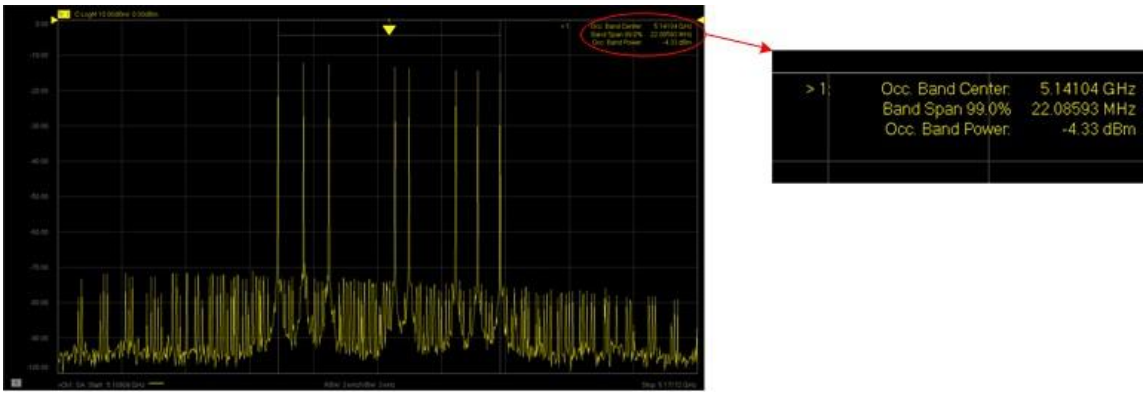
Если измерение Band Power или Band Noise невозможно выполнить, в показании маркера отобразится 999 дБм (для Band Power) или –999 дБм/Гц (для Band Noise). Это может произойти по двум причинам:

полоса (от частоты маркера минус половина полосы до частоты маркера плюс половина полосы) выходит за пределы диапазона частот канала;

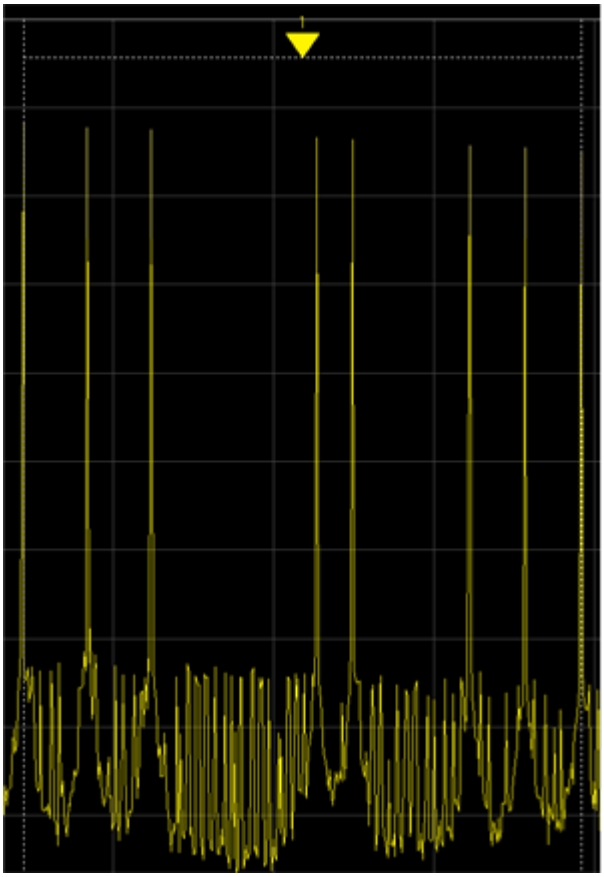
маркер Band Power или Noise был создан, когда канал находился в режиме удержания (Hold). После создания такого маркера необходимо выполнить хотя бы одну развертку. Маркер может двигаться в ходе развертки в режиме удержания. Однако показание маркера не изменится. Для обновления показания маркера в соответствии с новым положением маркера требуется повторная развертка.

Occupied BW Ratio (Коэффициент занимаемой полосы пропускания)

Коэффициент занимаемой полосы пропускания — это полоса частот в измерении, которая содержит определенный процент суммарной мощности в измеренной полосе частот. Показание маркера предоставляет данные о центральной частоте занимаемой полосы, проценте от измеряемой полосы и мощности занимаемой полосы. См. также настройку Occupied BW search min (Мин. поиск занимаемой полосы пропускания) для задания минимальной частоты, с которой должен начинаться поиск.



Полоса отмечена вертикальными пунктирными линиями с обеих сторон маркера, показывающими соответствующую процентную долю полосы. Значения на оси Y маркера — это измеренные значения мощности.



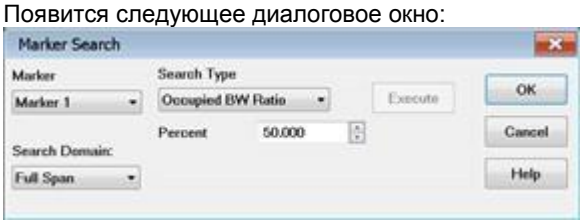
Выбор функции Occupied BW Ratio

Для включения функции Occupied BW Ratio воспользуйтесь одним из трех способов:

наведите курсор на маркер, щелкните по нему правой кнопкой мыши, выберите Search (Поиск), а затем Occupied BW (Занимаемая полоса);

нажмите **Marker** -> ***SA Analysis*** -> **Occupied BW ON**; выберите Response, затем Search...

Появится следующее диалоговое окно:



При использовании диалогового окна Marker Search (Поиск с помощью маркера) выполните следующие действия. Выберите существующий маркер.

В поле Search Type (Тип поиска) выберите Occupied BW Ratio (Коэффициент занимаемой полосы).

В поле Percent (Процент) введите процент полосы, в которой должен выполняться поиск.

В поле Search Domain (Область поиска) либо выберите значение по умолчанию Full Span (Полный диапазон), либо задайте пользовательскую полосу, выбрав вариант User N (Пользователь N) и указав начальную и конечную частоты.

Нажмите OK.

В канале SA можно выполнить калибровку с помощью мастера Cal All, если требуется корректировать результаты для повышения точности измерений амплитуды.

Примечание. Калибровка выполняется только в диапазоне частот анализатора спектра, заданном в данный момент.

Еще один способ калибровки — импорт существующего массива калибровочных коэффициентов. Импортируемый массив калибровочных коэффициентов должен содержать составляющие характеристики приемника для измерительного порта в канале SA. Кроме того, если импортируемый массив калибровочных коэффициентов охватывает более узкий диапазон частот, чем канал SA, параметры погрешности в этом массиве калибровочных коэффициентов будут экстраполированы.

Чтобы исключить из измерений влияние переходов, кабелей и оснастки, которые используются для подключения испытуемого устройства к VNA, можно охарактеризовать их с помощью менеджера калибровочной плоскости (Cal Plane Manager).

Стробирование SA

Измерения анализатора спектра со стробированием — это триггерные измерения, при которых данные регистрируются в течение времени действия активного уровня триггера. Таким образом, для измерений со стробированием могут использоваться только внешние триггеры со срабатыванием по уровню (высокий уровень, низкий уровень). Триггеры по фронту можно использовать для запуска измерений SA, но они не делают измерения стробированными. Не рекомендуется использовать для запуска измерений триггеры со срабатыванием по уровню: если длительность активного уровня меньше требуемого времени сбора данных (это зависит от разрешающей способности по полосе пропускания и других настроек), то измерение будет прекращено.

Каждая развертка SA требует определенного количества гетеродинов (это зависит в основном от диапазона и настройки подавления помех от зеркального канала). Это количество можно посмотреть в диалоговом окне SA Processing (Обработка). Для каждого гетеродина необходим один отбор данных ADC, а длительность одного отбора данных ADC можно посмотреть в диалоговом окне SA Processing. Время отбора данных для каждого гетеродина рассчитывается как произведение размера записи ADC и частоты дискретизации ADC (значение по умолчанию — 10 нс). В случае измерений SA со стробированием имеет смысл стробировать каждый отдельный сбор данных ADC. Это можно сделать с помощью диалогового окна Trigger Setup, путем настройки внешнего триггера для каждого канала (параметр Trigger Scope) в точечном режиме (режим состояния триггера канала) и путем задания значения Level для триггера Meas Trigger.

Например, если размер записи ADC равен 663, время, необходимое для полного сбора данных ДПФ, составит 663 x 10 нс = 6,63 мкс. Пока длительность триггера измерения будет больше 6,63 мкс, будет осуществляться сбор данных измерений. Если заданная длительность триггера измерения будет меньше 6,63 мкс, то данные измерения не будут получены. Если длительность триггера измерения значительно больше, например равна 20 мкс, то в течение времени, когда триггер находится в активном состоянии, может быть выполнено до 3 отборов данных ADC с 663 замерами.

Примечание. Для измерений SA со стробированием не подходит встроенный генератор импульсов Pulse0, поскольку для него нельзя задать длительность импульса. Используйте вместо него генератор Pulse3, как показано в примере измерения со стробированием (генераторы pulse 1 — pulse 4 также будут работать, но без прямого внутреннего подключения источника триггера к генератору Pulse3).

См. пример измерения со стробированием, чтобы узнать, как настроить измерение

анализатора спектра со стробированием.

Предупреждающие сообщения SA

Предупреждающие сообщения появляются в тех случаях, когда измерение невозможно провести с текущими настройками. Выделенные синим цветом сообщения отображаются на экране в течение трех секунд, а канал переводится в режим удержания (развертка останавливается).

SA Warning: Image Reject Max and Better are not allowed if RBW > 1MHz and Narrow IF Filter. (Предупреждение SA: параметры Image Reject Max и Better недопустимы, если разрешающая способность по полосе пропускания больше 1 МГц и выбран узкий фильтр ПЧ.)

SA Warning: Image Reject Max is not allowed if RBW > 1MHz. (Предупреждение SA: параметр Image Reject Max недопустим, если разрешающая способность по полосе пропускания больше 1 МГц.) SA Warning: Image Reject Better is not allowed if RBW > 2MHz. (Предупреждение SA: параметр Image Reject Better недопустим, если разрешающая способность по полосе пропускания больше 2 МГц.)

SA Warning: Image Reject Max and Better are not allowed below 20 MHz if RBW > 1MHz and Wid e IF Filter. (Предупреждение SA: параметры Image Reject Max и Better недопустимы при частоте ниже 20 МГц, если разрешающая способность по полосе пропускания больше 1 МГц и выбран широкий фильтр ПЧ.)

SA Warning: Cannot run Image Reject None LO High at high end of RF frequencies. (Предупреждение SA: невозможно выполнение с параметром Image Reject None LO High на верхней границе ВЧ-частот.) SA Warning: Cannot run Image Reject None LO Low at low end of RF frequencies. (Предупреждение SA: невозможно выполнение с параметром Image Reject None LO Low на нижней границе ВЧ-частот.) SA Warning: Cannot force Narrow IF Filter if RBW > 1MHz. (Предупреждение SA: невозможно принудительное применение узкого фильтра ПЧ, если разрешающая способность по полосе пропускания больше 1 МГц.)

Swept IMD и IM Spectrum

Swept IMD

Характеристики и ограничения
Создание измерения Swept IMD

Вкладка Frequency (Частота)
Вкладка Power (Мощность)
Вкладка Configure (Настройка конфигурации)
Задание параметров IMD
Калибровка IMD
Сохранение данных мощности Swept IMD

Характеристики и ограничения

Характеристики

Быстрая и простая настройка для измерения различных параметров, связанных с искажениями, до 9-го порядка.

Измерение как входного, так и выходного сигнала испытуемого устройства.

Поддержка разных режимов развертки для основных тонов: линейной развертки центральной частоты, сегментированной развертки, развертки с разделением по тонам, развертки мощности и развертки с непрерывной волной (фиксированный основной тон).

Выполнение очень быстрых и точных измерений с использованием источников VNA с высокой мощностью, высокой линейностью и низкими гармониками.

Поддержка калибровки и коррекции параметров Swept IMD. Независимая настройка ширины полосы ПЧ для измерения основных тонов и тонов искажений.

Ограничения

Только для 2-портовых устройств без преобразования частоты. Для преобразователей частоты используйте Swept IMDx.

Соответствие между портами испытуемого устройства и VNA имеет ограничения. Порты следует выбирать на вкладке Power (Мощность). Подробнее.

При использовании приложения Integrated Pulse для параметра IF Filter (Фильтр ПЧ) для соответствующего приемника необходимо задать значение Wide (Широкий). В Swept IMD для параметра IF Filter (Фильтр ПЧ) по умолчанию выбрано значение Narrow (Узкий) во избежание паразитных сигналов и гармоник. Возможно, потребуется также изменить настройку IF Attenuator (Аттенюатор ПЧ) в том же диалоговом окне.

Следующие функции НЕДОСТУПНЫ при использовании приложения Swept IMD.

Предельное количество точек — 20 001.

Независимые параметры IFBW (Ширина полосы ПЧ), Power Levels (Уровни мощности) или Sweep Time (Время развертки) в таблице сегментов НЕ поддерживаются.

Свипирующая развертка (только режим пошаговой развертки)

Логарифмическая частотная развертка

Измерения приемников без соотношений (A, B, R)

Пользовательские характеристики ECal

Временная область

Сбалансированные измерения

Сохранение данных форматируемых файлов Citifile Сохранение данных SnP

Внешние источники

Управление интерфейсом

Расширения портов

Некоторые функциональные возможности по удалению влияния измерительной оснастки

Управление внешним измерительным блоком (опция S93551A)

Встроенное приложение для узкополосных измерений или узкополосных импульсных измерений

Внешние источники постоянного тока (измерители постоянного тока ПОДДЕРЖИВАЮТСЯ)

Опция 205 или опция 425

Создание измерения Swept IMD

Нажмите **Meas** > ***S-Param*** > **Meas Class...**

Выберите Swept IMD, затем нажмите:

- либо OK, чтобы удалить существующее измерение;
- либо New Channel, чтобы создать измерение в новом канале.

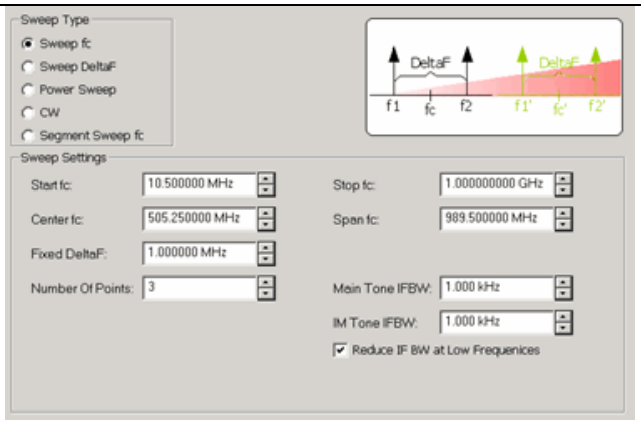
Отобразится измерение Swept IMD. Для вывода на экран дополнительных параметров нажмите Response, затем Meas, а затем выберите параметр из списка.

Порядок запуска диалогового окна Swept IMD Setup (Настройка Swept IMD)

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки	С помощью мыши
Нажмите **Freq** > ***Main*** > **IMD Setup...**	Щелкните по Stimulus Выберите IMD Setup...

Команды программирования

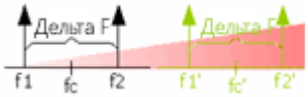
Справка диалогового окна **IMD Setup — вкладка Frequency (Частота)**



На этой вкладке можно настроить тип развертки и диапазон частот для измерений SweptIMD и Swept IMDX

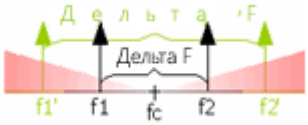
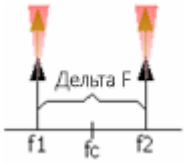
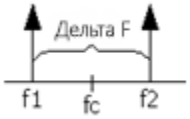
.

Sweep Type (Тип развертки) и Sweep Settings (Настройки развертки)

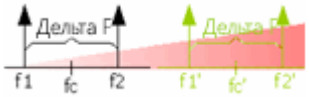


Sweep fc (Центральная частота развертки)

При сохранении постоянного разноса между тонами (настройка Fixed DeltaF) и мощности тона производится развертка

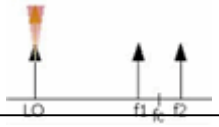
	центральной частоты с начальной до конечной (настройки Start fc и Stop fc). Центральную частоту также можно задать с помощью настроек Center fc и Span fc. На каждой центральной частоте приемники настраиваются на все требуемые частоты для измерения мощности соответствующих тонов.
	Swept DeltaF (Разнос между тонами) Указанная центральная частота и мощность тона остаются постоянными. Разнос между тонами увеличивается со значения Start DeltaF (Начальная дельта частоты) до значения Stop DeltaF (Конечная дельта частоты) на заданное количество точек.
	Power Sweep (Развертка мощности) Частоты основного тона задаются либо с помощью параметров f1 и f2, либо с помощью параметров fc и DeltaF. Эти частоты остаются постоянными, в то время как мощность каждого основного тона варьируется от начальной до конечной мощности на заданное количество точек мощности. Мощность каждого тона можно задать (на вкладке Power) по отдельности или парами, поставив флажок Coupled Tone Power (Связанная мощность тона).
	CW (С непрерывной волной)

Частоты и уровни мощности основного тона остаются постоянными. Измерения производятся в заданном количестве точек. На оси X указано количество точек.



Segment Sweep fc (Сегментированная развертка центральной частоты) (ТОЛЬКО Swept IMD)

То же, что и развертка центральной частоты, за исключением того, что центральные частоты строятся с помощью стандартной таблицы сегментов. Узнайте, как это сделать.



LO Power Sweep (Развертка мощности гетеродина) (ТОЛЬКО Swept IMDX)

Частоты и уровни мощности основного тона остаются постоянными. Измерения производятся в заданном количестве точек. На оси X указана мощность гетеродина.

Примечания по сегментированной развертке (ТОЛЬКО Swept IMD)

Таблица сегментов, показанная в диалоговом окне, отображается в режиме «ТОЛЬКО ДЛЯ ЧТЕНИЯ». Узнайте о том, как создавать и изменять таблицы сегментированной развертки. Независимые параметры ширины полосы ПЧ и мощности НЕДОСТУПНЫ.

Расстояние между точками по оси X доступно начиная с версии A.09.10.

Number of Points (Число точек): введите число точек, требуемое для каждой развертки. См. раздел «Ограниченное число отборов данных».

IFBW (Ширина полосы ПЧ)

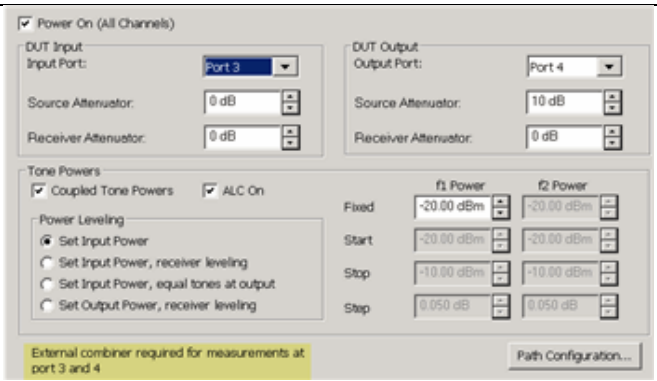
Для измерений IMD используется узкополосный тракт ПЧ в целях сокращения паразитных сигналов. Поскольку ширина полосы узкополосного фильтра равна примерно 28 кГц, использование значения ширины полосы ПЧ свыше 30 кГц никак не повышает точность измерений.

Main Tone IFBW (Ширина полосы ПЧ основного тона) и IM Tone IFBW (Ширина полосы ПЧ интермодуляционного тона): ширина полосы ПЧ указывается отдельно для основных тонов (f1 и f2) и интермодуляционных тонов. Благодаря этому возможно точное измерение более основных мощных тонов при более высоком (и быстром) значении ширины полосы ПЧ, а менее мощных тонов искажений — при более низком (и медленном) значении ширины полосы ПЧ.

Reduce IF BW at Low Frequencies (Уменьшить ширину полосы ПЧ при низких частотах): в VNA ниже 748 МГц шум графика усиливается. Особенно это заметно между 10 и 45 МГц. Если в этом поле поставлен флажок, то на частотах ниже 748 МГц анализатор VNA будет использовать полосу ПЧ меньшей ширины, чем выбранное значение.
Подробнее о выбранных значениях.

Примечание. Если настройка Main Tone IFBW (Ширина полосы ПЧ основного тона) меньше или равна 1 кГц, а центральная частота VNA в точности кратна 10 МГц, то частоты тонов смещаются ВВЕРХ на величину (10 * ширина полосы ПЧ) применительно ко всей развертке ширины полосы ПЧ. Если данные частоты превысят максимальную частоту анализатора, то они будут смещены ВНИЗ на величину (10 * ширина полосы ПЧ). Это делается в целях предотвращения взаимных помех с опорными сигналами 10 МГц.

Справка диалогового окна **IMD Setup — вкладка Power (Мощность)**



Эта вкладка позволяет задать настройки мощности ВЧ-сигнала и развертки мощности для измерения IMD.

Power ON (All channels) (Питание включено — все каналы): поставьте флажок, чтобы включить питание ВЧ-тракта, или снимите флажок, чтобы выключить питание во всех каналах.

DUT Input Port (Входной порт испытуемого устройства)

Input Port (Входной порт): выберите порт 1 или порт 3. При использовании порта 3 необходим внешний сумматор.

Source Attenuator (Аттенюатор источника): задайте аттенюатор порта 1. Этот аттенюатор влияет на диапазон мощности, подаваемой на испытуемое устройство. Подробнее об аттенюации источника.

Receiver Attenuator (Аттенюатор приемника): эта настройка аттенюации защищает приемник A от повреждений.

DUT Output Port (Выходной порт испытуемого устройства)

Output Port (выходной порт): выберите порт 2 или порт 4 (с ограничениями).

Source Attenuator (Аттенюатор источника): эта настройка используется для улучшения согласования нагрузки на выходе испытуемого устройства. Выберите 0 дБ при уровнях мощности до 10 дБм, а с каждыми дополнительными 10 дБм выходной мощности это значение должно увеличиваться на 10 дБ.

Receiver Attenuator (Аттенюатор приемника): задайте настройку аттенюатора для порта 2. Когда мощность, подаваемая на измерительный порт приемника, равна примерно +10 дБм, на приемнике VNA возможна компрессия. Однако при аттенюации приемника на более низких уровнях мощности чрезмерный шум может препятствовать точным измерениям мощности. В этом случае уменьшите ширину полосы ПЧ для интермодуляционных тонов, чтобы снизить уровень шума. Подробнее об аттенюации приемника.

Tone Powers (Мощности тонов)

Coupled Tone Power (Связанная мощность тона): поставьте этот флажок, чтобы задать одинаковый уровень мощности для каждого основного тона с помощью настройки f1 Power (Мощность тона f1). Снимите флажок, чтобы задать разные уровни мощности для тонов f1 и f2.

ALC On (Вкл. ALC): поставьте этот флажок, чтобы использовать встроенные аппаратные функции ALC (по умолчанию). Снимите флажок, чтобы использовать аппаратные возможности разомкнутого контура. Выравнивание с разомкнутым контуром должно использоваться только при выполнении широкополосных импульсных измерений.

Power Leveling (Выравнивание мощности)

Поскольку коэффициент усиления на испытуемом устройстве может быть разным для частот тонов f1 и f2, можно задать мощность тона либо на входе испытуемого устройства, ЛИБО на выходе одним из следующих способов. При выравнивании приемника развертка выполняется медленнее.

Set Input Power (Задать входную мощность) (настройка по умолчанию): указанные уровни мощности f1 и f2 устанавливаются на входе испытуемого устройства. Точность уровня входной мощности основана ТОЛЬКО на калибровке мощности источника, выполняемой во время калибровки IMD. Тоны на входе и выходе могут НЕ быть одинаковыми или плоскими.

Set Input Power, receiver leveling (Задать входную мощность, выравнивание приемника): указанные уровни мощности f1 и f2 устанавливаются на входе испытуемого устройства, при этом используется выравнивание приемника на входном опорном приемнике. Это гарантирует одинаковые уровни мощности тонов на входе испытуемого устройства. Однако тоны на выходе

НЕОБЯЗАТЕЛЬНО будут плоскими, поскольку возможно варьирование коэффициента усиления на испытуемом устройстве при разных частотах.

Set Input Power, equal tones at output (Задать входную мощность, одинаковые тоны на выходе): указанные уровни мощности f1 и f2 устанавливаются на входе испытуемого устройства, а измерение проводится на выходе. Входные сигналы корректируются однократно на каждой частоте, чтобы уровни мощности тонов на выходе испытуемого устройства были одинаковыми. Однако тоны на выходе НЕОБЯЗАТЕЛЬНО будут плоскими, поскольку возможно варьирование коэффициента усиления на испытуемом устройстве при разных частотах.

Set Output Power, receiver leveling (Задать выходную мощность, выравнивание приемника): указанные уровни мощности f1 и f2 устанавливаются на выходе испытуемого устройства. Выравнивание приемника на выходном приемнике используется для точной настройки заданного уровня мощности каждого тона в пределах величины допуска, указанной в диалоговом окне Receiver Leveling (Выравнивание приемника). При выборе этой настройки тоны на выходе будут одинаковыми и плоскими по всему диапазону частот.

f1/f2 Power (Мощность f1/f2)

Fixed f1 Power (Фиксированная мощность f1): укажите уровень мощности для f1 на входе или выходе испытуемого устройства в зависимости от настройки Power Leveling. Выберите значение в пределах от –30 до +30 дБм. Когда поставлен флажок Coupled Tone Power (Связанная мощность тона), мощность задается и для тона f1, и для тона f2.

Fixed f2 Power (Фиксированная мощность f1): эта настройка доступна, когда флажок Coupled Tone Power СНЯТ. Укажите уровень мощности для f2 на входе или выходе испытуемого устройства в зависимости от настройки Power Leveling.

Выберите значение в пределах от –30 до +30 дБм.

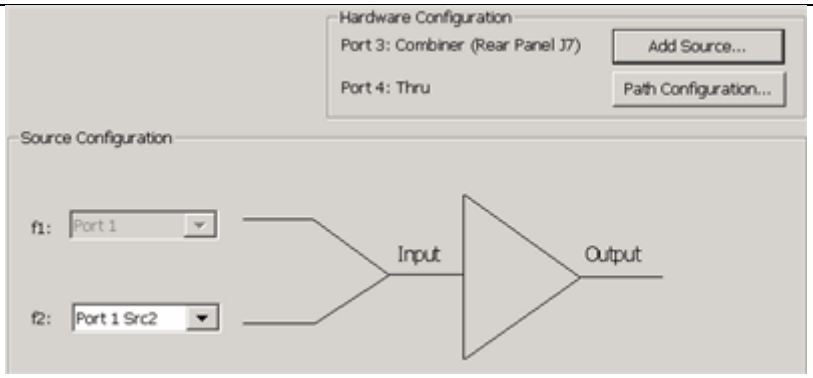
Start (Начальная), Stop (Конечная) и Step (Шаг): эти настройки мощности f1 и f2 доступны, если выбрана развертка мощности на вкладке Frequency (Частота). Они позволяют задать начальный и конечный уровни мощности для f1 и f2 либо по отдельности, либо вместе при поставленном флажке Coupled Tone Power.

Path Configuration (Конфигурация тракта): нажмите эту кнопку, чтобы открыть диалоговое окно RF Path Configuration.

Выделенное цветом примечание: смещение мощности тона RF2 для компенсации потерь сумматора.

Это сообщение появляется, когда мощность тона f2 подается с внешнего источника. Мощность тона была увеличена на внешнем источнике для компенсации потерь на внутреннем сумматоре. Например, если мощность тона на испытуемом устройстве должна быть равна 0 дБм, поступающая от источника мощность будет выше приблизительно на 15 дБ.

Справка диалогового окна **IMD Setup — вкладка Configure (Настройка конфигурации)**



В случае моделей VNA с одним источником для тона f2 может использоваться внешний источник. Узнайте, как настроить внешний источник и сумматор для выполнения измерений Swept IMD и IMDx.

f1: для f1 всегда используется внутренний источник 1 анализатора VNA.

f2: выберите источник, который будет использоваться для тона f2. Эта настройка доступна, когда внешний источник сконфигурирован и поставлен флажок Active в диалоговом окне External Source Configuration (Конфигурация внешнего источника).

Кнопки

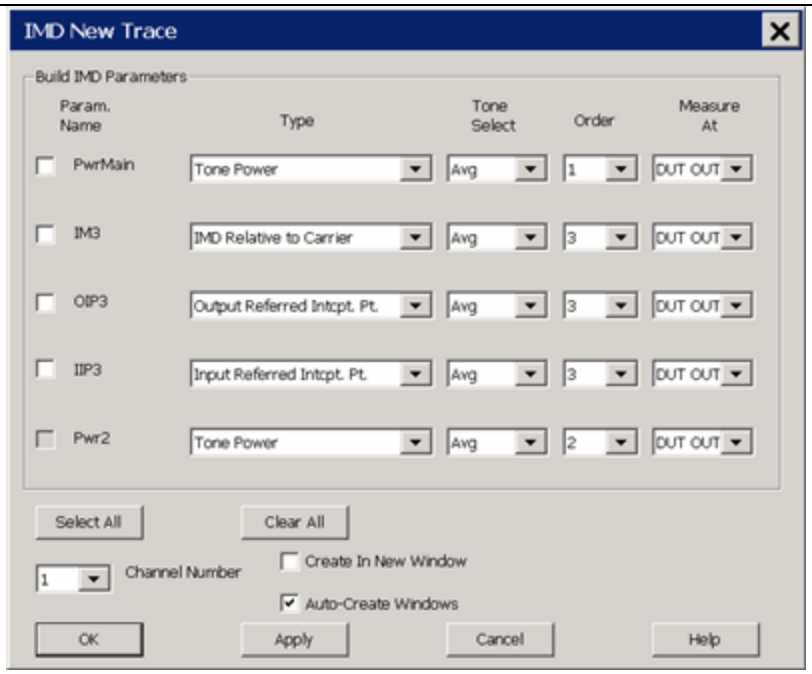
Add Source (Добавить источник): нажмите, чтобы сконфигурировать внешний источник с помощью диалогового окна External Source Configuration.

Path Configuration (Конфигурация тракта): нажмите, чтобы открыть диалоговое окно Path Configuration (Конфигурация тракта) (только модели VNA-X).

Добавление параметров IMD

С помощью аппаратной клавиши/ *программной вкладки*/программной кнопки	С помощью мыши
Нажмите **Trace** и выберите график. Нажмите **Meas** и выберите параметр.	Нажмите Instrument -> Trace -> Add Trace. Нажмите Response, Meas и выберите параметр.

Справка диалогового окна **IMD New Trace (Новый график IMD)** Programming Commands


IMD New Trace
Build IMD Parameters
Param. Name
Type
Tone Select
Order
Measure At
PwrMain
Tone Power
Avg
1
OUT OUT
IM3
IMD Relative to Carrier
Avg
3
OUT OUT
OIP3
Output Referred Intcpt. Pt.
Avg
3
OUT OUT
IIP3
Input Referred Intcpt. Pt.
Avg
3
OUT OUT
Pwr2
Tone Power
Avg
2
OUT OUT
Select All
Clear All
1
Channel Number
Create In New Window
Auto-Create Windows
OK
Apply
Cancel
Help

Это диалоговое окно позволяет выбрать параметры IMD и IMDx, которые будут измеряться и отображаться на экране.

Можно выбрать до пяти параметров одновременно. Выбрав параметры, нажмите Apply для создания графиков. Затем выберите еще параметры, не закрывая диалоговое окно. В VNA нет ограничений на количество графиков и окон.

Примечание. Вычисления с целью определить, окажется ли частота выбранной интермодуляционной составляющей (порядок) в диапазоне частот VNA, НЕ производятся. Измерения, выходящие за пределы диапазона частот VNA, отображаются как –200 дБ.

Param Name (Имя параметра): это имя составляется на основе выбранных значений настроек Type, Tone Select, Order и Measure At. Когда параметр составлен, отметьте его флажком, чтобы выполнить измерение.

Type (Тип)

Выберите тип измерения Swept IMD, которое требуется выполнить.

Буквы, указанные ниже в скобках, используются в имени параметра.

Tone Power (Pwr) (Мощность тона): измеряется абсолютная мощность указанного (упорядоченного) тона.

IMD Relative to Carrier (IM) (IMD относительно несущей): измеряется мощность указанного (упорядоченного) тона относительно мощности тона f1 или f2.

Input Referred Intercept Point (IIP) (Точка пересечения на основе входного сигнала): на основе измерений на испытуемом устройстве вычисляется теоретический уровень мощности, при котором заданная (упорядоченная) интермодуляционная составляющая будет на том же уровне мощности, что и несущая на выходе испытуемого устройства. На экран выводятся данные о входной мощности испытуемого устройства, при которой достигается эта выходная мощность.

Output Referred Intercept Point (OIP) (Точка пересечения на основе выходного сигнала): на основе измерений на испытуемом устройстве вычисляется теоретический уровень мощности, при котором заданная (упорядоченная) составляющая будет на том же уровне мощности, что и основной тон на выходе испытуемого устройства. Это значение выводится на экран.

CTB Band-Edge Distortion (CTBE) (Искажение границы полосы CTB): композитное искажение третьего порядка (Composite Triple Beat, CTB) — только выход испытуемого устройства третьего порядка.

CTB Mid-Band Distortion (CTB) (Среднеполосное искажение CTB): композитное искажение третьего порядка (Composite Triple Beat, CTB) — только выход испытуемого устройства третьего порядка. .

CSO Distortion (CSO) (Композитное искажение второго порядка): только выход испытуемого устройства второго порядка.

XMOD 3rd Order Crossmod (XMOD) (Перекрестное искажение 3-го порядка): только выход испытуемого устройства третьего порядка.

Tone Gain (ToneGain) (Усиление тона): на основе измерений мощности тона для указанных тонов вычисляется соотношение: мощность выходного тона / мощность входного тона. Входной и выходной тоны — это разные частоты.

Tone Select (Выбор тона)

Выберите тон (высокий, низкий или оба), который будет измеряться и отображаться на экране.

High (Высокий): измеряется и отображается мощность указанного (упорядоченного) тона с верхней стороны основных тонов.

Low (Низкий): измеряется и отображается мощность указанного (упорядоченного) тона с нижней стороны основных тонов.

Avg (Средний): измеряются указанные (упорядоченные) тоны и с верхней, и с нижней стороны. Затем вычисляется и отображается средний уровень мощности. Примечание. Средний уровень мощности — это фактически среднее значение тонов с верней и нижней стороны в дБ, а НЕ истинное среднеарифметическое значение уровня мощности, которое вычислялось бы по линейной мощности (в ваттах). Это необходимо для обеспечения согласованности с алгоритмом выравнивания мощности, который используется для задания одинаковых мощностей тона на входе или выходе испытуемого устройства и также основан на значениях в дБ.

Max (Максимальный): измеряются указанные (упорядоченные) тоны и с верхней, и с нижней стороны. Затем определяется и отображается максимальный уровень мощности.

Min (Минимальный): измеряются указанные (упорядоченные) тоны и с верхней, и с нижней стороны. Затем определяется и отображается минимальный уровень мощности.

Использование в имени параметра

При выборе одного из перечисленных выше вариантов к имени параметра добавляется Hi, Lo, Max или Min соответственно. Если выбран вариант Avg (настройка по умолчанию), к имени параметра ничего не добавляется.

Важные примечания о составляющих второго порядка

Есть вероятность, что составляющие второго порядка окажутся за пределами диапазона частот VNA. Если это случится, в данных графика будут только нули (линейный) или –200 дБ (логарифмическая амплитуда).

Если либо верхняя, либо нижняя сторона выходит за пределы диапазона частот VNA, то вариант Avg будет НЕДОПУСТИМ.

При отображении графиков второго порядка вариант Avg НЕДОПУСТИМ, даже если и для высоких, и для низких составляющих выводятся действительные данные. Дело в том, что составляющие 2 Low и 2 High обычно очень сильно отличаются друг от друга.

При выполнении калибровки, которая должна включать составляющие второго порядка, не забудьте поставить флажок Include 2nd Order Products (Включить составляющие второго порядка) в первом диалоговом окне калибровки.

Order (Порядок)

Укажите интермодуляционную составляющую, которая должна измеряться. Выберите один из вариантов: 1, 2, 3, 5, 7, 9.

Если выбран вариант 1, к имени параметра добавляется Main. В остальных случаях к имени параметра добавляется номер тона.

Measure At (Измерять на)

Выбранный параметр измеряется на входе или выходе испытуемого устройства. DUT Input (Вход испытуемого устройства)

К имени параметра добавляется In (пример: PwrMainIn).

Для измерения основных тонов и требуемых составляющих используется опорный приемник входного порта.

DUT Output (выход испытуемого устройства)

К имени параметра ничего не добавляется (например: PwrMain).

Для измерения основных тонов и требуемых составляющих используется измерительный приемник выходного порта.

Общие сведения

На первой странице мастера калибровки IMD вы сообщаете алгоритму калибровки частоты, на которых должна проводиться калибровка. Дополнительно можно выбрать выполнение калибровки мощности источника, которая выполняется только на центральной частоте посередине между основными тонами. ТОЛЬКО для IMDx: можно также выполнить калибровку мощности источника для источника сигнала гетеродина.

VNA вычисляет таблицу частот источника и приемника, которые включают все частоты основных тонов низких и высоких) и частоты заданных тонов искажений.

С помощью измерителя мощности на порту 1 выполняется калибровка источника и приемника с целью откалибровать опорный приемник R1 в качестве быстрого и регулируемого измерителя мощности.

После этого опорный приемник R1 используется для калибровки мощности источника на частотах основных тонов: сначала источник 1 / низкий тон, затем источник 2 / высокий тон. Оба источника остаются включенными во время измерения каждого тона с тем, чтобы воспроизвести согласование импедансов, при котором будут выполняться измерения.

Затем проводится стандартная двухпортовая калибровка SOLT на всех частотах с использованием модуля ECal либо механических мер. Эта двухпортовая калибровка служит для коррекции параметров отслеживания R1 калибровки источника для согласования измерителя мощности. Она также используется для переноса параметров отслеживания R1 на приемник B.

Примечания

Если частоты основных тонов меняются, но остаются в пределах диапазона частот, в котором была выполнена калибровка, то калибровка становится интерполированной C*. При этом меняются начальная/конечная частота, центральная частота / ширина полосы, количество точек или тип развертки. Подробнее об интерполяции.

Можно задать настройку предпочтений, разрешающую превышение предельной конечной частоты модуля ECal при калибровке Swept IMD и IMDx. Подробнее.

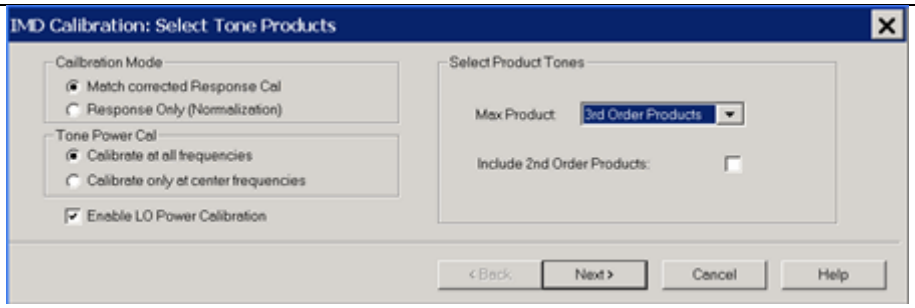
Калибровки приемника, выполняемые в стандартном канале, могут применяться к каналу Swept IMD. При этом калибровки источника НЕ могут применяться.

Порядок запуска калибровки Swept IMD

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки	С помощью мыши
Нажмите **CAL** > ***Main*** > **Smart Cal...**	Щелкните по Response. Выберите Cal. Выберите Smart Cal...

Команды программирования

Справка диалогового окна **Select Tone Products — IMD Cal (Выбор тоновых составляющих — калибровка IMD)**



Calibration Mode (Режим калибровки)

Match corrected Response Cal (Калибровка характеристики с коррекцией согласования): **когда выбран этот вариант, выполняется полная калибровка IMD, как описано выше в разделе «Общие сведения о калибровке».**

Response ONLY (Normalization) (ТОЛЬКО характеристика (нормализация)): в случае этой калибровки IMD НЕ производится коррекция рассогласования датчика мощности. Выберите этот вариант, если ваша испытательная конфигурация не позволяет легко проводить измерения согласования. Вместо стандартной двухпортовой калибровки SOLT выполняется только измерение параметра отслеживания передачи, который используется для переноса параметра отслеживания приемника R1 (полученного при развертке мощности) на приемник B.

Примечание. При калибровке характеристики (нормализации) предполагается, что для соединения порта 1 с портом 2 используется мера коэффициента передачи нулевой длины. Если используется переход, задержки и потери на нем НЕ компенсируются. Это НЕЛЬЗЯ изменить.

Tone Power Cal (Калибровка мощности тонов)

Calibrate only at center frequencies (Калибровать только на центральных частотах): калибровка мощности источника выполняется только на центральной частоте, которая находится посередине между основными тонами. Это вдвое сокращает время калибровки мощности источника (самой медленной части калибровки). Измерение интерполируется, хотя пометка C* в строке состояния не отображается.

Calibrate at all frequencies (Калибровать на всех частотах): калибровка мощности источника выполняется на всех частотах основных тонов.

Enable LO Power Calibration (Разрешить калибровку мощности гетеродина) (ТОЛЬКО IMDx): поставьте этот флажок, чтобы выполнить стандартную калибровку мощности на источнике сигнала гетеродина в рамках процесса калибровки.

Select Product Tones (Выбор тонов составляющих)

Max Product (Макс. составляющая): выберите самую высокую составляющую, которая будет измеряться. Будут откалиброваны низкие и высокие частоты для этой составляющей, а также все составляющие более низких нечетных порядков. Например, когда выбрана составляющая 5-го порядка, в калибровку будут включены частоты основных тонов, а также составляющие низкого и высокого порядка для составляющих 3-го и 5-го порядков.

Include 2nd Order Products (Включить составляющие 2-го порядка): поставьте этот флажок, чтобы откалибровать составляющие 2-го порядка в калибруемых частотах. Частоты этих составляющих обычно находятся далеко от основных тонов.

Экстраполированная калибровка ECal

Можно задать настройку предпочтений, разрешающую превышение предельной конечной частоты модуля ECal при калибровке Swept IMD и IMDx. Параметры погрешности за пределами конечной частоты ECal в этом случае экстраполируются.

Эта настройка предназначена для коррекции составляющих разного порядка (особенно 2-го порядка), когда эти частоты выходят за пределы конечной частоты модуля ECal.

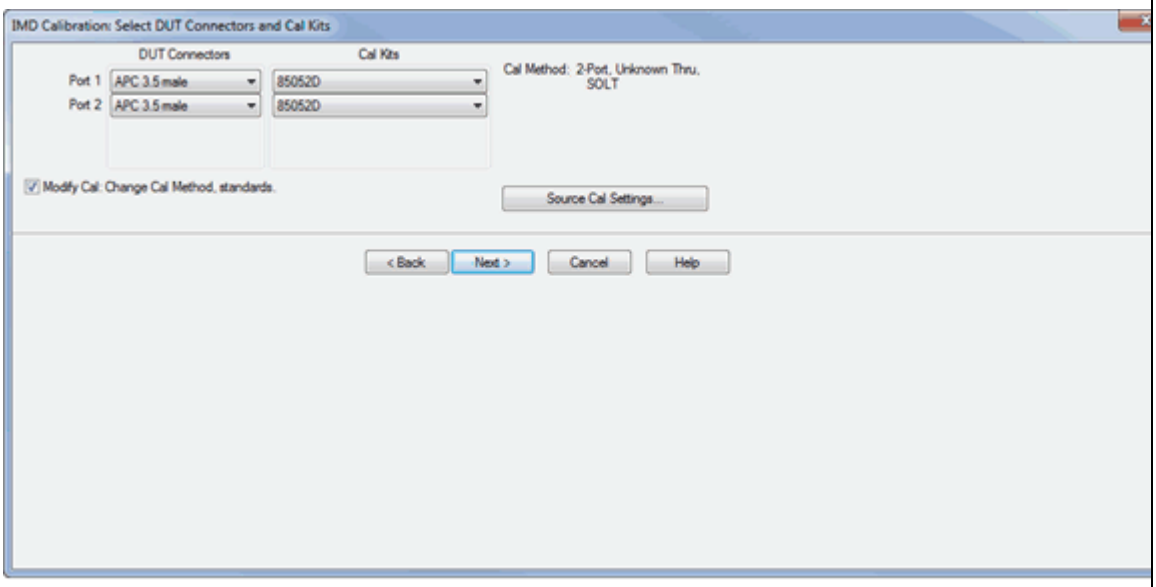
Точность экстраполированных параметров погрешности не так высока, как точность измеренных параметров.

Эту функцию НЕЛЬЗЯ использовать при калибровке нескольких каналов Cal All.

Состояние экстраполяции ECal и частоты сохраняются в массиве калибровочных коэффициентов и отображаются в диалоговом окне Cal Set Properties (Свойства массива

калибровочных коэффициентов).

Справка диалогового окна **Select DUT Connectors and Cal Kits - IMD Cal (Выбор соединителей испытуемого устройства и калибровочных комплектов — калибровка IMD)**

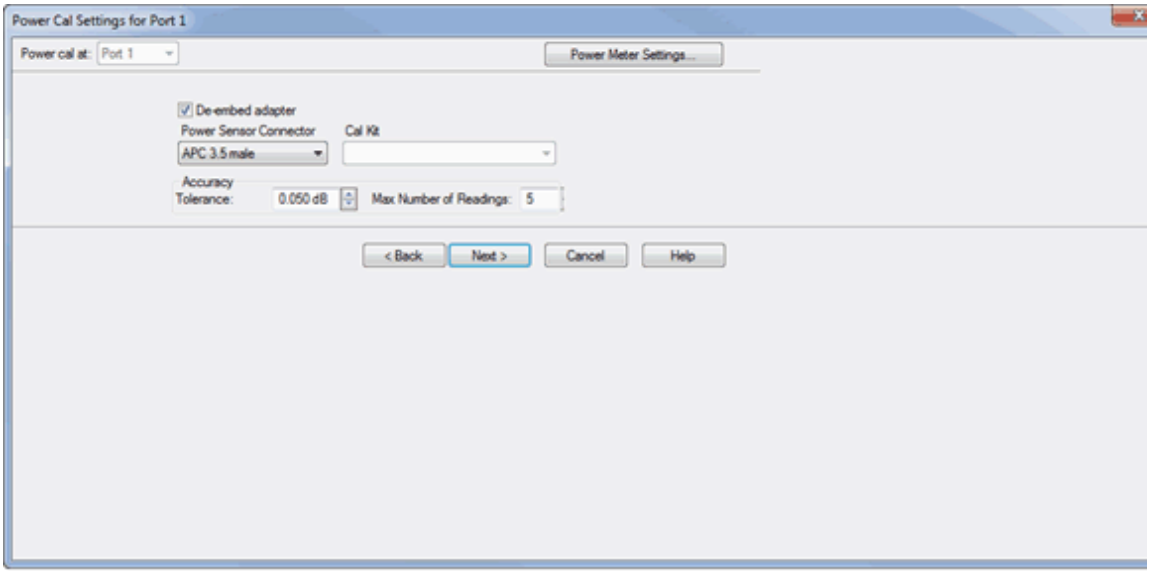


Если на предыдущей странице была выбрана настройка Response Only (Только характеристика), нажмите кнопку Source Cal Settings... (Настройки калибровки источника...), если вы хотите изменить настройки калибровки источника, или Next > (Далее >) для продолжения настройки.

В остальном эта страница не отличается от страницы стандартного мастера калибровки VNA, за исключением следующих настроек.

Modify Cal (Изменить калибровку): поставьте этот флажок и затем нажмите Next, чтобы изменить калибровку (с использованием мер и метода с мерой коэффициента передачи). Source Cal Settings (Настройки калибровки источника): нажмите эту кнопку, чтобы открыть диалоговое окно Source Cal Settings (для приложений).
Подробнее о калибровке IMD

Справка диалогового окна **Power Cal Settings - IMD Cal (Настройки калибровки мощности — калибровка IMD)**

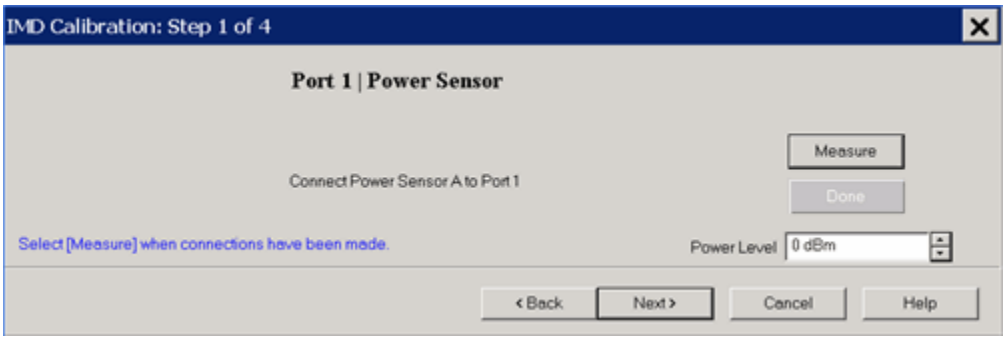


Калибровка мощности выполняется на порту 1. Это упрощает последующие калибровки IMD, поскольку калибровку мощности не придется повторять.

Для обеспечения максимальной точности подключите датчик мощности напрямую к измерительному порту, без перехода.

Подробнее об этих настройках.

Справка диалогового **окна IMD Calibration Step 1 (Этап 1 калибровки IMD)**



Power Level (Уровень мощности): уровень мощности, на котором должна выполняться калибровка мощности источника на порту 1.

Обычно наилучшим выбором для калибровки мощности источника является уровень 0 дБм, так как на нем выполняется калибровка датчика мощности.

Однако если между источником VNA и опорной плоскостью калибровки используется какой-либо компонент, отрегулируйте уровень мощности таким образом, чтобы мощность на датчике была по возможности близка к 0 дБм.

Подробнее о калибровке IMD

Остальные диалоговые окна такие же, как и в стандартном мастере калибровки.

Сохранение данных мощности Swept IMD

Данные мощности Swept IMD (ТОЛЬКО логарифмическая амплитуда) можно сохранить в файл *.csv. Данные этого формата можно открывать с помощью программ для работы с электронными таблицами, таких как Microsoft Excel. В указанный файл *.csv сохраняются данные последней завершенной развертки.

Порядок сохранения данных Swept IMD (и IMDx)

Когда канал Swept IMD или IMDx активен...

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки	С помощью мыши
Нажмите **Save Recall** > ***Save Other*** > **Save Data...** Тип файла = значения, разделенные запятыми (формат *.csv).	Щелкните по File Выберите Save Data. Тип файла = значения, разделенные запятыми (формат *.csv).

Команды программирования

Примечания.

Для каждого тона сохраняются шесть уровней мощности в таком порядке: ВЫХОД средний | ВЫХОД низкий | ВЫХОД высокий| ВХОД средний | ВХОД низкий | ВХОД высокий.

Для основных тонов уровни мощности сохраняются всегда, независимо от активного измерения.

Все тоны, отображаемые на экране, также сохраняются. Например, при отображении любого параметра тона 3-го порядка сохраняются уровни мощности для тона 3-го порядка.

Сохраняются только мощности тонов. Вычисленные параметры, такие как IMD Relative to Carrier (IM) (IMD относительно несущей), НЕ сохраняются.

Если во время сохранения файла включена калибровка, то все данные будут откалиброваны. В противном случае сохраняются исходные данные.

!Agilent Technologies,N5242A,[redacted]						
!Date: Tuesday, February, 24, 2009 19:53:42						
Calibration	OFF					
Num Freq F	201					
Num Tones	6					
Frequency	PwrMain	PwrMainLo	PwrMainHi	PwrMainIn	PwrMainLoIn	PwrMainHiIn
<Hz>	<LogMag	<LogMag(dI	<LogMag(d	<LogMag(d	<LogMag(dBr	<LogMag(dBı
1.05E+07	-76.721	-74.1983	-79.2441	-66.6679	-21.2689	-112.067

На этом рисунке показаны 6 уровней мощности основных тонов, которые сохраняются всегда.

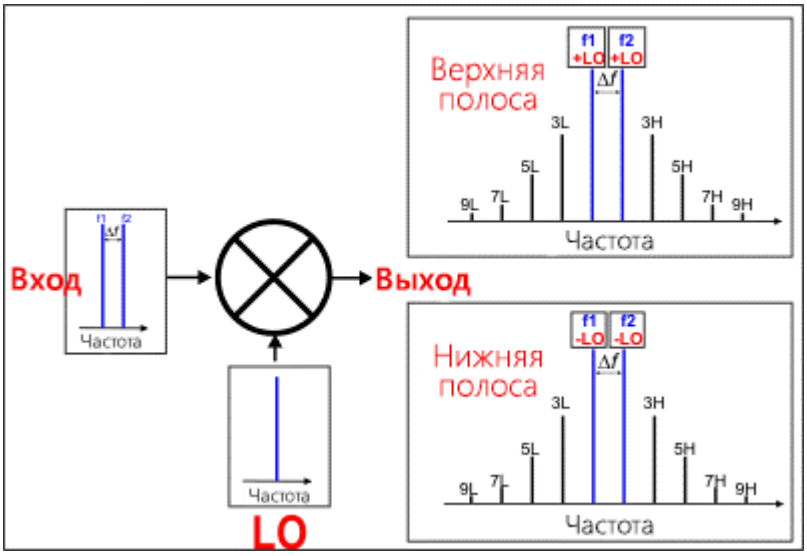
В обозначениях параметров мощности подразумевается, что выбраны варианты Output (Выход) и Avg (Средний) в качестве настроек параметра. Пример: PwrMain = средняя выходная мощность основных тонов.

Swept IMDx для преобразователей

Принципы IMDX
Требования и ограничения
Настройка конфигурации оборудования
Создание измерения Swept IMDx
Допустимые сочетания конфигурации смесителя и типа развертки
Диалоговое окно настройки
Задание параметров IMDx
Калибровка IMDx
Сохранение данных IMDx (тема, относящаяся к Swept IMD)

Принципы IMDx

Приложение Swept IMD для преобразователей (IMDx) принципиально не отличается от приложения IMD для усилителей, за исключением того, что на выходе испытуемого устройства имеется два набора составляющих.



На этом рисунке показана простейшая конфигурация измерения: входной сигнал, сигнал гетеродина и выходной сигнал являются частотами непрерывной волны.

ВХОД испытуемого устройства — два основных тона (f1 и f2).

Гетеродин испытуемого устройства — одиночная частота.

ВЫХОД испытуемого устройства — два набора частот.

При использовании IMDx можно просмотреть ЛИБО составляющие верхней полосы, ЛИБО составляющие нижней полосы, но НЕ и те и другие одновременно.

Для выбора воспользуйтесь вкладкой Mixer Frequency (Частота смесителя).

Верхняя полоса (входной сигнал ПЛЮС сигнал гетеродина и все упорядоченные составляющие)

Нижняя полоса (входной сигнал МИНУС сигнал гетеродина и все упорядоченные составляющие)

Требования и ограничения

Для Swept IMDx требуется наличие Swept IMD (опция S93087A) и FCA (опция S93082A или S93083A).

При использовании приложения Integrated Pulse для параметра IF Filter (Фильтр ПЧ) для соответствующего приемника необходимо задать значение Wide (Широкий). В Swept IMD для параметра IF Filter (Фильтр ПЧ) по умолчанию выбрано значение Narrow (Узкий) во избежание паразитных сигналов и гармоник. Возможно, потребуется также изменить настройку IF Attenuator (Аттенюатор ПЧ) в том же диалоговом окне.

Следующие функции VNA НЕДОСТУПНЫ при использовании приложения IMDx:

Свипирующая развертка (только режим пошаговой развертки)

Логарифмическая частотная развертка

Измерения приемников без соотношений (A, B, R)

Определение пользовательских характеристик ECal

Временная область

Сбалансированные измерения

Сохранение данных форматируемых файлов Citifile Сохранение данных SnP

Управление интерфейсом

Расширения портов

Некоторые функциональные возможности по удалению влияния измерительной оснастки

Управление внешним измерительным блоком (опция S93551A)

Встроенное приложение узкополосных измерений или узкополосных импульсных измерений

Независимые параметры IFBW (Ширина полосы ПЧ), Power Levels (Уровни мощности) или Sweep Time (Время развертки) в таблице сегментов НЕ поддерживаются.

Внешние источники постоянного тока (измерители постоянного тока ПОДДЕРЖИВАЮТСЯ)

См. ограничения по частоте

Опция 205 или опция 425

Примечание. Начиная с версии A.09.00 в IMDx и IMSpectrum поддерживаются измерения со встроенным гетеродином. Настраиваются эти измерения так же, как и в SMC. Узнайте, как это сделать.

Настройка оборудования

Анализатор VNA чрезвычайно гибок и может быть настроен во множестве конфигураций для выполнения измерений с помощью IMDx. В данном документе описаны не все возможные конфигурации. Приведены примеры лишь самых распространенных из них для иллюстрации основных понятий.

Конфигурация испытуемого устройства

Вход испытуемого устройства должен быть подключен к порту 1 VNA, через который передаются тоны f1 и f2.

Выход испытуемого устройства должен быть подключен к порту 2 VNA, который использует приемник B VNA. См. ниже конфигурацию источника гетеродина.

Конфигурация источника

Для выполнения измерений IMDx требуются три источника: два внутренних источника VNA и третий внешний источник.

Тон f1 — должен выходить из порта 1 VNA. По умолчанию используется источник Src 1.

Тон f2 — должен выходить из порта 1 VNA через встроенный сумматор. Этот источник может быть внутренним или внешним. По умолчанию используется внутренний источник Src 2.

Гетеродин — этот сигнал может исходить из внутреннего или внешнего источника. Настройка по умолчанию — Not controlled (Не контролируется), 0 Гц.

При использовании внутреннего источника Src 2 тон f2 должен поступать из внешнего источника через заднюю панель.

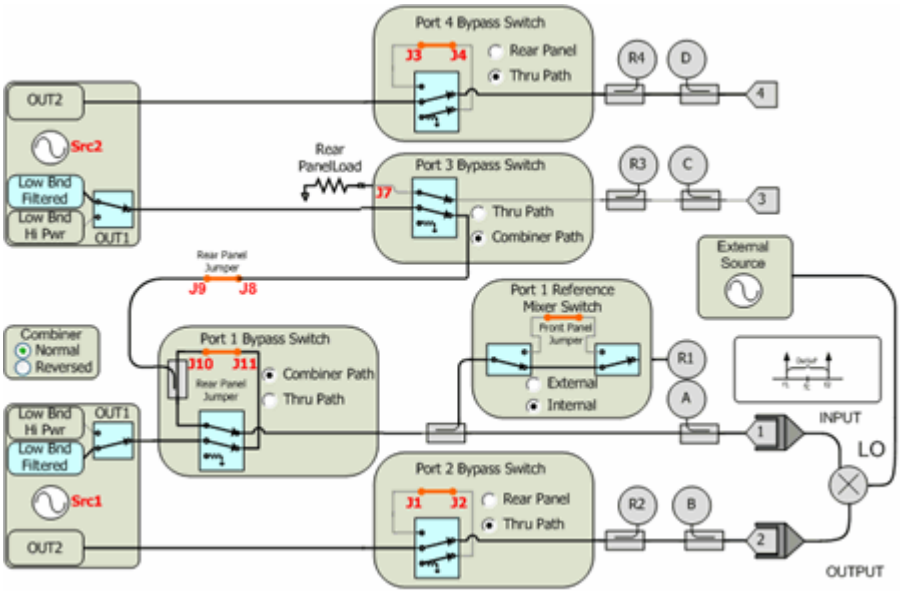
При использовании внешнего источника он может быть подключен напрямую к испытуемому устройству или через порт 3 или порт 4 VNA с помощью конфигуратора тракта.

Примеры конфигурации

Ниже приведены три примера конфигурации, иллюстрирующие использование конфигуратора тракта для ручной настройки переключателей.

В конфигурации каналов IMDx и IMx Spectrum ВСЕГДА используются настройки переключателей по умолчанию, показанные на рисунке ниже. Это НЕ та же самая конфигурация по умолчанию, которая используется для канала S-параметров. Каждый раз, когда используется пользовательская конфигурация, требуется настроить переключатели вручную.

Параметры такой ручной настройки переключателей, которая должна выполняться при каждом создании канала IMDx или IMx Spectrum, можно сохранить, нажав кнопку Store (Сохранить) в конфигураторе тракта. После этого сохраните всю настройку IMDx целиком в качестве состояния прибора. При вызове этого состояния прибора будет загружаться данная пользовательская конфигурация тракта.



1. Конфигурация по умолчанию. Ручное переключение не требуется.

   f1 — внутренний источник Src1

   f2 — внутренний источник Src2 через сумматор в нормальном режиме

   Гетеродин — подключите внешний источник напрямую к гетеродину испытуемого устройства.

2. Подключение внешнего гетеродина через порт 3 или порт 4 (только 4-портовая модель VNA)

Используйте эту конфигурацию для отслеживания мощности гетеродина с использованием R3

или R4 (будущие параметры).

f1 — внутренний источник Src1

f2 — внутренний источник Src2 через сумматор в нормальном режиме

LO — подключите внешний источник через заднюю панель (J7 для порта 3; J3 для порта 4).

Подключите гетеродин испытуемого устройства к порту 3 или порту 4 VNA. Для порта 3 переключение НЕ требуется.

Для порта 4 установите переключатель обвода в положение Rear Panel (Задняя панель).

3. Подключение внутреннего гетеродина через порт 3 или порт 4; внешнего тона f2 через заднюю панель (только 4-портовая модель VNA)

Эта конфигурация обычно используется для измерений FCA, когда внутренний второй источник используется в качестве гетеродина.

f1 — внутренний источник Src1

f2 — внешний f2 через J9 на задней панели. Переключение не требуется.

Гетеродин — внутренний источник Src2 через:

порт 3 — установите переключатель обвода порта 3 в положение Thru Path (Прямое соединение). Подключите гетеродин испытуемого устройства к порту 3 VNA;

порт 4 — установите переключатель обвода порта 4 в положение Thru Path (Прямое соединение). Подключите гетеродин испытуемого устройства к порту 4 VNA.

Создание измерения Swept IMDx

Нажмите **Meas** > ***S-Param*** > **Meas Class...**

Выберите Swept IMD Converters, затем нажмите:

либо OK, чтобы удалить существующее измерение;

либо New Channel, чтобы создать измерение в новом канале.

Отобразится измерение Swept IMDx. Для вывода на экран дополнительных параметров нажмите Response, затем Measure, а затем выберите параметр из списка.

Порядок запуска диалогового окна Swept IMDx Setup (Настройка Swept IMDx)

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки	С помощью мыши
Нажмите **Freq** > ***Main*** > **IMDX Setup...**	Щелкните по Stimulus Выберите IMDX Setup...

Команды программирования

Допустимые сочетания конфигурации смесителя и типа развертки

Советы

В скором времени вы сможете уверенно пользоваться данными вкладками, однако на начальном этапе рекомендуется заполнять в нижеописанной последовательности.

На вкладке Tone Frequency (Частота тона) задайте тип развертки и частоты тонов. На вкладке Mixer Frequency (Частота смесителя) задайте допустимую конфигурацию смесителя.

Центральную/фиксированную частоту входного сигнала МОЖНО задать и на вкладке Tone Frequency, и на вкладке Mixer Frequency. Когда вы задаете ее на одной вкладке, настройка на другой вкладке обновляется автоматически.

Ниже в табличной форме показаны допустимые конфигурации смесителя.

Тип развертки	Входной сигнал	Гетеродин	Выходной сигнал
Свипируемый входной сигнал (фиксированные тоны)			
Sweep fc (Развертка центральной частоты)	**Со свипированием**	**Со свипированием**	**Фиксированный**
	Со свипированием	**Фиксированный**	**Со свипированием**
Все диапазоны фиксированы			
CW (С непрерывной волной) Sweep Delta F (Разнос между тонами) (Tone) Power Sweep (Развертка мощности (тона)) LO Power Sweep (Развертка мощности гетеродина)	**Фиксированный**	**Фиксированный**	**Фиксированный**
Фиксированный входной сигнал / Свипируемые сигнал гетеродина и выходной сигнал			
CW (С непрерывной волной)	**Фиксированный**	**Со свипированием**	**Со свипированием**

Для целей определения допустимой конфигурации смесителя с 2 гетеродинами один фиксированный гетеродин и один со свипированием равнозначны одноступенчатому гетеродину со свипированием.

Если будет создано недопустимое сочетание типа развертки и конфигурации смесителя, появится выделенное красным цветом сообщение, как показано ниже:

ERROR: Input range must be swept in Linear sweep mode

В этом случае измените тип развертки на вкладке Tone Frequency (Частота тона).

См. другие правила настройки конфигурации смесителя.

Ниже даны пояснения к таблице.

СВИПИРУЕМЫЙ входной сигнал — выполняется развертка центральной частоты тонов, но разнос между тонами остается фиксированным.

На вкладке Tone Frequency (Частота тона) выберите вариант Sweep fc (Развертка центральной частоты).

Либо сигнал гетеродина, либо выходной сигнал также ДОЛЖНЫ быть свипируемыми.

На вкладке Mixer Frequency (Частота смесителя) выберите параметры Start/Stop или

Center/Span для каждого диапазона предполагаемой развертки.

ФИКСИРОВАННЫЙ входной сигнал — центральная частота тонов фиксирована.

На вкладке Tone Frequency (Частота тона) выберите настройку Fixed (Фиксированный) для следующего типа развертки:

CW (С непрерывной волной) — тоны НЕ изменяются. Частоты сигнала гетеродина и выходного сигнала могут быть свипируемыми.

Все диапазоны ФИКСИРОВАНЫ — центральная частота тонов фиксирована.

На вкладке Tone Frequency (Частота тона) выберите настройку Fixed (Фиксированный) для следующих типов развертки:

Sweep Delta F (Разнос между тонами) — изменяется разнесение тонов.

Power Sweep (Развертка мощности) — изменяется мощность тонов.

LO Power Sweep (Развертка мощности гетеродина) — выполняется развертка мощности гетеродина.

CW (С непрерывной волной) — тоны НЕ изменяются.

Диалоговое окно настройки

Следующие вкладки диалогового окна настройки также используются в приложении Swept IMD.

Вкладка Tone Frequency (Частота тона)

Вкладка Tone Power (Мощность тона)

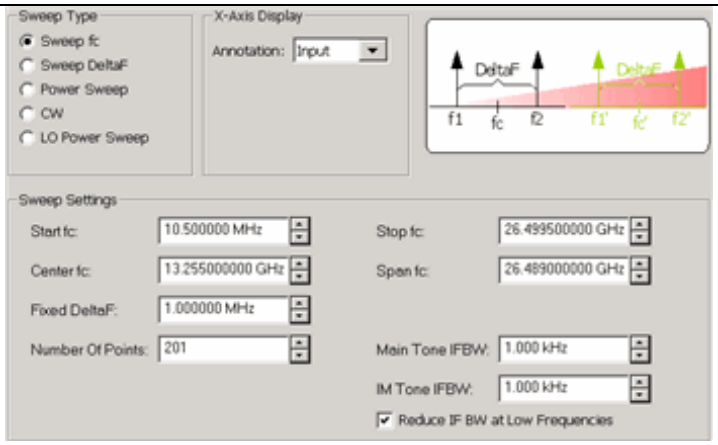
Следующие вкладки диалогового окна настройки также используются во всех остальных приложениях смесителя/преобразователя.

Вкладка Mixer Frequency (Частота смесителя)

Вкладка Mixer (LO) Power (Мощность (гетеродина) смесителя)

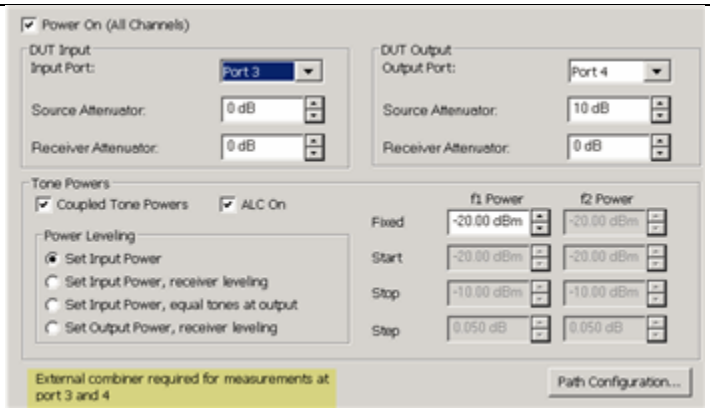
Вкладка Mixer Setup (Настройка смесителя) (НЕ используется в других приложениях)

Справка диалогового окна **Swept IMDx Setup — вкладка Tone Frequency (Частота тона)**



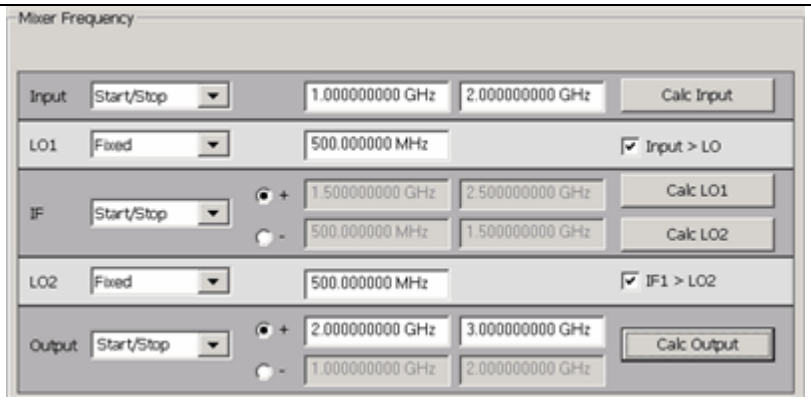
Подробнее об этом диалоговом окне.

Справка диалогового окна **Swept IMDx Setup — вкладка Tone Power (Мощность тона)**



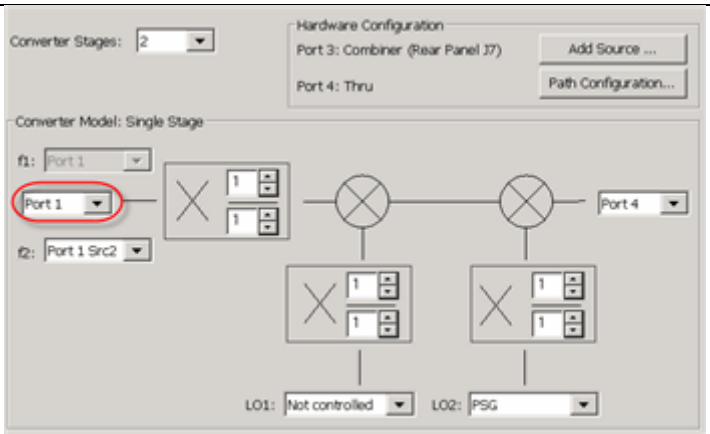
Подробнее об этом диалоговом окне.

Справка диалогового окна **Swept IMDx Setup — вкладка Mixer Frequency (Частота смесителя)**



Подробнее об этом диалоговом окне.

Справка диалогового окна **Swept IMDx Setup — вкладка Mixer Setup (Настройка смесителя)**



Converter Stages (Число ступеней преобразователя): **выберите одно- или двухступенчатое испытуемое устройство (число гетеродинов).**

Converter Model (Модель преобразователя)

Узнайте, как настроить внешний источник и сумматор для выполнения измерений Swept IMD и IMDx.

f1: для f1 всегда используется внутренний источник 1 анализатора VNA.

(Вход испытуемого устройства) Port N (Порт N) (обведено **красным** на рисунке): обычно используется порт 1. Выбор этой настройки позволяет направить два тона через порт 3 на моделях VNA с четырьмя портами.

f2: выберите источник, который будет использоваться для тона f2. Эта настройка доступна, когда внешний источник сконфигурирован и поставлен флажок Active в диалоговом окне External Source Configuration (Конфигурация внешнего источника).

LO1 (Гетеродин 1) (и LO2 (Гетеродин 2) для двухступенчатых испытуемых устройств): выберите источник, который будет использоваться для данного гетеродина. Эта настройка доступна для выбора, когда внешний источник сконфигурирован и поставлен флажок Active в диалоговом окне External Source Configuration (Конфигурация внешнего источника).

(Выход испытуемого устройства) Port N (Порт N): доступно для выбора на 4-портовых моделях VNA. Выберите порт VNA, который должен быть соединен с выходом испытуемого устройства.

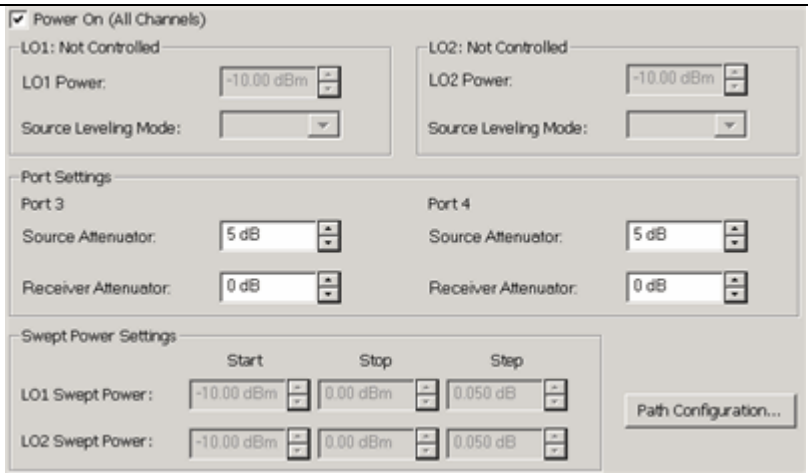
Дробные множители — подробнее.

Hardware Configuration (Конфигурация оборудования)

Add Source (Добавить источник): нажмите, чтобы сконфигурировать внешний источник с помощью диалогового окна External Source Configuration (Конфигурация внешнего источника).

Path Configuration (Конфигурация тракта): нажмите, чтобы открыть диалоговое окно Path Configuration (Конфигурация тракта) (только модели VNA-X).

Справка диалогового окна **Swept IMD Setup — вкладка Mixer (LO) Power (Мощность (гетеродина) смесителя)**



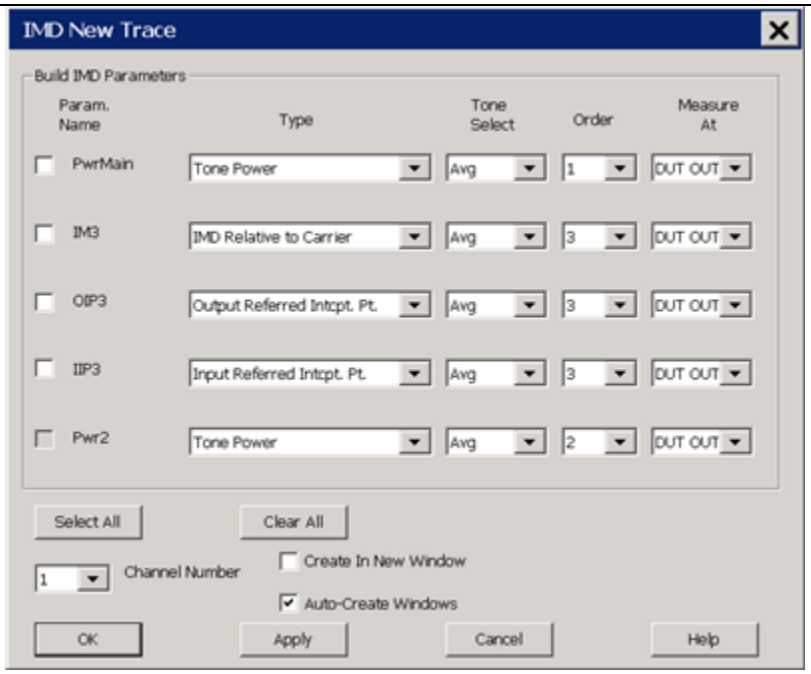
Подробнее об этом диалоговом окне.

Добавление параметров Swept IMDx

С помощью аппаратной клавиши/ *программной вкладки*/программной кнопки	С помощью мыши
Нажмите **Trace** и выберите график. Нажмите **Meas** и выберите параметр.	Нажмите Instrument -> Trace -> Add Trace. Нажмите Response, Meas и выберите параметр.

Команды программирования

Справка диалогового окна **IMDx New Trace (Новый график IMDx)**



Это диалоговое окно также используется в приложении Swept IMD для усилителей.

Подробнее об этом диалоговом окне.

Калибровка IMDx

Калибровка IMDx выполняется точно так же, как и калибровка IMD, за исключением следующего.

Можно выполнить калибровку мощности источника для источника сигнала гетеродина. Если гетеродин имеет фиксированную частоту, то этот этап выполняется очень быстро.

Результаты калибровки IMDx очень похожи на результаты, получаемые при калибровке SMC.

Рассчитать свободные от искажений пределы измерений анализатора (в метрах) можно по следующей формуле измерений (отраженного сигнала) **TDR**:

Предел (метры) = (1/Δf) x Vf x c

Где:

Δf — размер шага частоты (диапазон частот / количество точек – 1)

Vf — коэффициент замедления линии передачи

c — скорость света = 2,997925 E8 м/с

Пример: выполняется измерение с 401 точкой и диапазоном 2,5 ГГц, используется кабель с полиэтиленовой изоляцией (Vf = 0,66)

Предел = (1 / (2,5E9 / 400)) x 2,997925 E8 м/с x 0,66

Предел = 6,25E6 x 2.997925 E8 м/с x 0,66

Предел = 32 метра

В этом примере предел составляет 32 метра, соответствующих физической длине. Чтобы избежать наложения или искажения характеристик временной области, для измерения параметров передачи необходимо установить испытуемое устройство не более чем в 32 метрах физической длины.

Чтобы для измерения отражения рассчитать расстояние только в одном направлении, а не в прямом и обратном, просто разделите эту длину на 2. В этом примере свободный от искажений предел составит 16 метров.

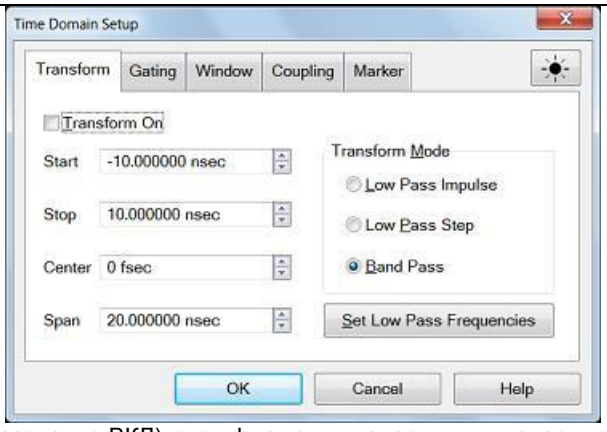
Задание настроек временной области

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки

Нажмите **Math** > ***Time Domain*** > **Time Domain Setup...**

Команды программирования

Справка диалогового окна **Transform (Преобразование)**



Transform On (Преобразование ВКЛ): этот флажок включает и выключает преобразование во временной области.

Настройки времени

Следующие настройки регулируют **разрешение экрана**, позволяя МАСШТАБИРОВАТЬ отображаемую характеристику. Они НЕ регулируют диапазон измерения или разрешение измерения.

Эти настройки автоматически обновляются (при обновлении одного из этих значений), чтобы отображалась только одна свободная от искажений характеристика с любой из сторон от нулевой точки времени.

Start (Начало): задайте начальное время преобразования, отображаемое на экране анализатора.

Примечание. Ноль (0) секунд — всегда опорная плоскость измерения. Отрицательные значения полезны при перемещении опорной плоскости.

Stop (Конец): задайте конечное время преобразования, отображаемое на экране анализатора.

Center (Середина): задайте время середины преобразования, отображаемое на экране анализатора.

Span (Интервал): задайте интервал преобразования, который делится пополам в точке времени середины.

Transform Mode (Режим преобразования)

Режимы преобразования — это три способа применения алгоритма трансформации во временной области к измерению в частотной области. При каждом способе он применяется по-своему.

Режим	Преимущества применения	Ограничение
Low pass Impulse (Низкочастотный им-пульсный)	Самое высокое разрешение. Лучше всего подходит для просмотра небольших откликов на устройствах, пропускающих низкие частоты, например в кабелях.	В обоих низкочастотных режимах частоты, близкие к нулю, и отрицательные частоты экстраполируются. Поэтому начальная частота корректируется, когда вы нажимаете кнопку Задать низкие частоты. Поскольку это влияет на точность калибровки, обязательно проводите калибровку ПОСЛЕ ТОГО, как полностью настроите измерение во временной области.
Low pass Step (Низко-частотный ступен-чатый)	Самый простой способ обнаружения индуктивных и емкостных неоднородностей на устройствах, пропускаю-щих низкие частоты, например в кабелях.	
Band pass Impulse (Полосовой импульс-ный)	Самый простой способ; его можно использовать с любой разверткой частоты. Больше всего подходит для измерений на ограниченных по полосе частот устройствах, таких как фильтры, и снижает разрешение откликов.	НЕ показывает емкостное и индуктивное реактивное сопротивление. При том же диапазоне частот и количестве точек полосовой режим имеет вдвое большую длительность импульса, что скрывает близко расположенные отклики и кабели с блокировкой постоянного тока.

В следующей таблице показано, как интерпретировать форму профиля волнового сопротивления при использовании низкочастотного ступенчатого режима и низкочастотного либо полосового импульсного режима.

ИМПЕДАНС	СТУПЕНЧАТЫЙ ОТКЛИК	ИМПУЛЬСНЫЙ ОТКЛИК
ОБРЫВ ЦЕПИ	Единичное отражение	Единичное отражение
КОРОТКОЕ ЗАМЫКАНИЕ	Единичное отражение = 180	Единичное отражение = 180
РЕЗИСТОР $R > Z_0$		
РЕЗИСТОР $R < Z_0$		
ИНДУКТИВНОСТЬ		
ЕМКОСТЬ		

Влияние на диапазон измерения

Полосовой режим — диапазон измерения обратно пропорционален размеру шага частоты.

Низкочастотный режим — диапазон измерения обратно пропорционален основной (начальной) частоте ПОСЛЕ нажатия кнопки Set Freq. Low Pass (Задать низкие частоты).

Set Low Pass Frequencies (Задать низкие частоты) — ИСПОЛЬЗУЕТСЯ ТОЛЬКО В НИЗКОЧАСТОТНЫХ РЕЖИМАХ

При нажатии этой кнопки повторно вычисляется начальная частота, а также частоты ступенчатой перестройки, которые должны быть гармониками начальной частоты. Начальная частота вычисляется по следующей формуле: **низкая начальная частота = конечная частота / количество точек.**

Вычисленное значение должно всегда быть больше минимальной частоты анализатора или равно ей.

Примечание. Количество точек и конечную частоту можно изменять для вычисления этого значения.

Стробирование

Пожалуй, самым полезным свойством преобразования во временной области является функция стробирования. При просмотре характеристики временной области с помощью функции стробирования можно фактически убрать нежелательные отклики. После этого можно одновременно просматривать график частотной области так, как будто нежелательный отклик не существует. Это позволяет определять характеристики устройств без влияний внешних устройств, таких как соединители и переходы.

Примечание. Если неоднородность в испытуемом устройстве отражает энергию, эта энергия может не достичь следующих неоднородностей. Это может **МАСКИРОВАТЬ**, то есть скрывать, истинный отклик, который наблюдался бы, если бы предыдущая неоднородность отсутствовала. Функция стробирования анализатора НЕ компенсирует этот недостаток.

Следующие рисунки с измерениями демонстрируют практический пример использования и выполнения стробирования. Испытуемое устройство — 10-дюймовый кабель, за которым подключен аттенюатор на 6 дБ с оконечной перемычкой. В окне 2 можно видеть следующие четыре неоднородности, слева направо:

Неоднородность в кабеле испытательной системы, которая появилась после калибровки. Она обозначена маркером 2 на отметке –10,74 дюйма (за опорной плоскостью).

Неоднородность в 10-дюймовом кабеле устройства сразу после опорной плоскости.

Самая большая неоднородность — это аттенюатор и перемычка, обозначенные маркером 1 на отметке –12,67 дБ (потери 6 дБ и в прямом, и в обратном направлении).

Последняя неоднородность — это переотражение от кабеля устройства.

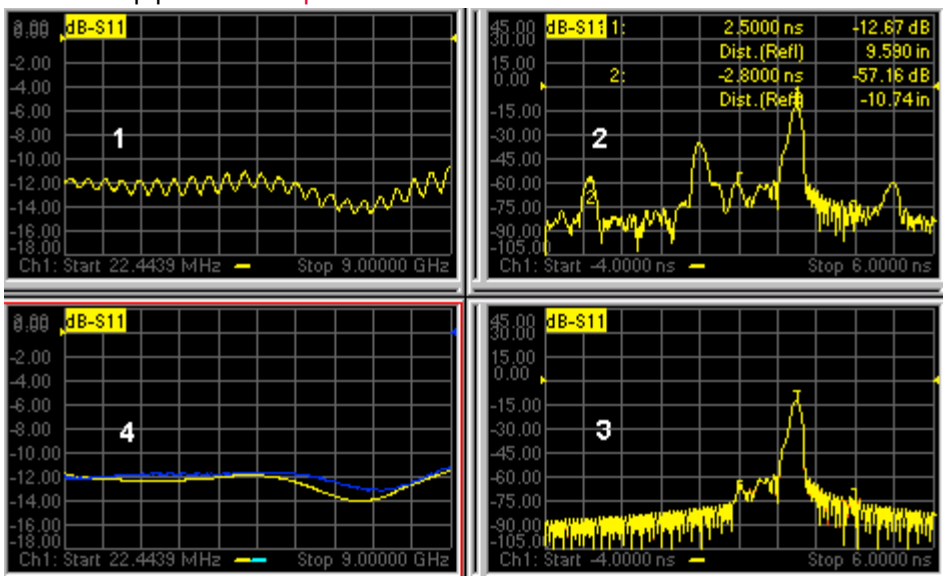
С помощью стробирования мы ВВЕДЕМ отклик аттенюатора, а все остальные отклики будут ОТДЕЛЕНЫ.

Окно 1. Создайте первоначальный график частотной области S11. На нем видны неравномерности от всех отражений.

Окно 2. Создайте новый график S11 в том же канале, в новом окне. Включите преобразование.

Окно 3. На преобразованном графике включите стробирование. Отцентрируйте стробирование на большой неоднородности (2,500 нс). Отрегулируйте шаг стробирования так, чтобы полностью охватить неоднородность. Выберите тип стробирования Bandpass (Полоса пропускания).

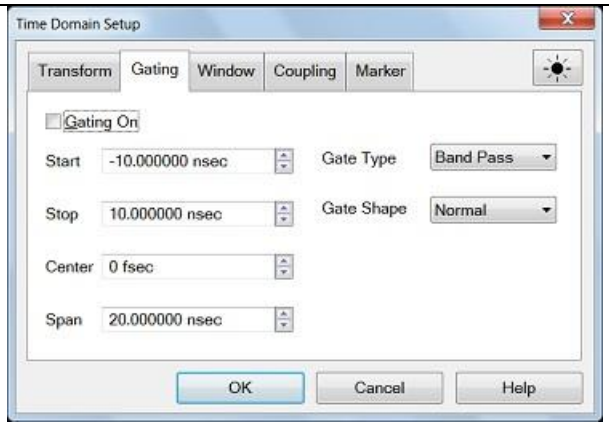
Окно 4. В первоначальном измерении частоты ВКЛЮЧИТЕ стробирование (преобразование остается ВЫКЛЮЧЕННЫМ). Просмотрите измерение без влияния двух нежелательных неоднородностей. Синий график — это измерение аттенюатора на 6 дБ, из которого ФИЗИЧЕСКИ удалены нежелательные неоднородности. Разница между двумя графиками в окне 4 — это влияние эффекта маскирования.



Подробно о запуске диалогового окна Transform (Преобразование)

Справка диалогового окна **Transform Gating (Стробирование преобразования)**

Команды программирования



Gating (Стробирование): этот флажок позволяет включить и выключить стробирование. **Start** (Начало): задайте начальное время строба. **Stop** (Конец): задайте конечное время строба. **Center** (Центр): задайте значение центра той области, в которой будет действовать функция стробирования. Это значение может находиться в любой точке диапазона анализатора.

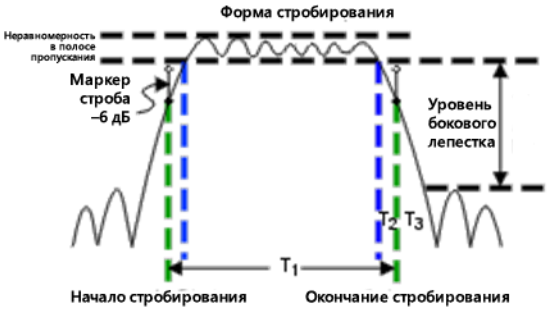
Span (Интервал): задайте интервал с каждой стороны от центра той области, в которой будет действовать функция стробирования.

Gate Type (Тип стробирования): задайте тип фильтрации, которая будет выполняться для стробирования. Индикаторы начала и конца строба на экране показывают, какую часть графика вы сохраните.

Bandpass (Полоса пропускания): отклики в пределах интервала стробирования СОХРАНЯЮТСЯ.

Notch (Режекция): отклики в пределах интервала стробирования УДАЛЯЮТСЯ.

Gate Shape (Форма стробирования): задайте характеристики фильтра для функции стробирования. Выберите одно из значений: Minimum (Минимальный), Normal (Нормальный), Wide (Широкий), Maximum (Максимальный).



Форма стробирования	Неравномерность в полосе пропускания	Уровни боковых лепестков	Время среза	Мин. интервал стробирования
Минимальный	±0,1 дБ	-48 дБ	1,4 / диапазон частот	2,8 / диапазон частот
Нормальный	±0,1 дБ	-68 дБ	2,8 / диапазон частот	5,6 / диапазон частот
Широкий	±0,1 дБ	-57 дБ	4,4 / диапазон частот	8,8 / диапазон частот
Максимальный	±0,01 дБ	-70 дБ	12,7 / диапазон частот	25,4 / диапазон частот

Время среза — это время от конечного времени (–6 дБ на юбке фильтра) до пика первого бокового лепестка. На схеме ниже показана общая форма стробирования и перечислены характеристики для каждой формы.

T1 — интервал стробирования, который равен разности конечного времени и начального времени.

T2 — время от границы полосы пропускания до точки 6 дБ, отражающее крутизну среза фильтра.

T3 — время от точки 6 дБ до границы полосы подавления стробирования.

Для всех профилей фильтра время T2 равно времени T3, и фильтр одинаков с обеих сторон от центрального времени.

Минимальный интервал стробирования — удвоенное время среза. Для каждой формы стробирования есть рекомендуемый минимальный интервал, обеспечивающий нормальное функционирование. Это следствие того, что крутизна среза стробирования имеет пределы. Если задать интервал стробирования, который меньше этого минимального интервала, на характеристике будут наблюдаться следующие эффекты:

искаженная форма стробирования без полосы пропускания;

искаженный профиль;

некорректные показания начального и конечного времени;

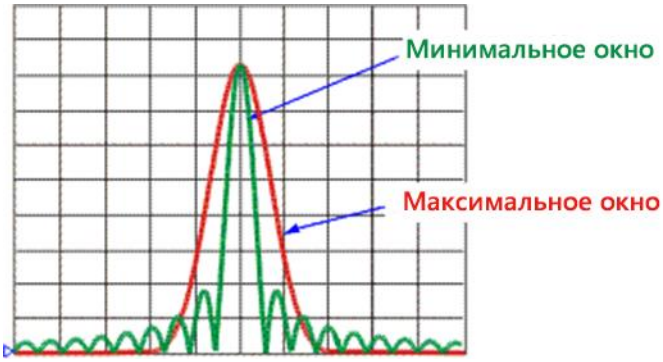
завышенные уровни боковых лепестков.

Настройки окна

Измерение в частотной области содержит резкие переходы на начальной и конечной частотах, которые вызывают выбросы на фронте импульса и низкочастотные помехи в характеристике временной области. Функция окна помогает уменьшить резкость переходов в частотной области. Благодаря этому возможен баланс преимуществ и недостатков характеристики временной области. Выберите один из следующих вариантов.

Минимальное окно = более высокое разрешение откликов: возможность различить два близко расположенных отклика.

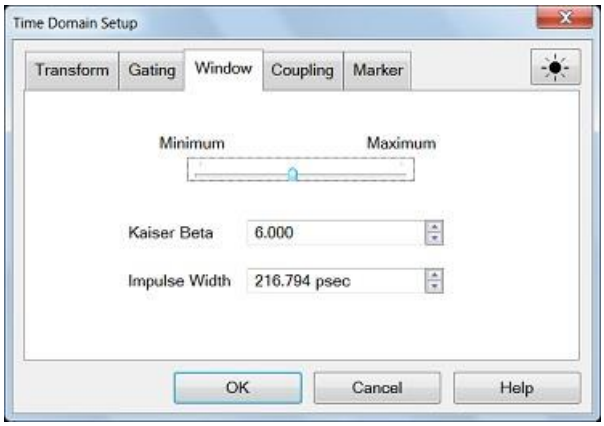
Максимальное окно = динамический диапазон: возможность измерения откликов низкого уровня.



Подробно о запуске диалогового окна Transform (Преобразование)

Справка диалогового окна **Transform — Window (Преобразование — Окно)**

Команды программирования



Настройки окна обеспечивают баланс между разрешением откликов и динамическим диапазоном.

Минимальное окно = наилучшее разрешение откликов

Максимальное окно = наилучший динамический диапазон

Размер окна задается тремя описанными ниже способами. Для наилучших результатов просматривайте характеристику временной области во время задания этих настроек.

Minimum - Maximum (Минимум — Максимум): передвиньте этот ползунок с помощью мыши для изменения размера окна.

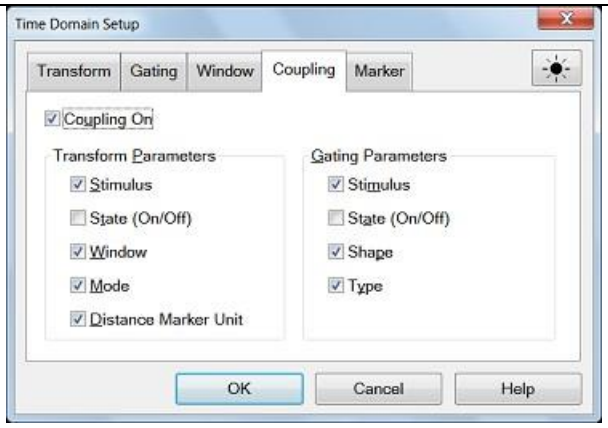
Kaiser Beta (Бета окна Кайзера): размер окна изменяется с использованием значения беты окна Кайзера.

Impulse Width (Ширина импульса): размер окна изменяется с использованием значения ширины импульса.

Подробнее об окнах(наверх)

Для запуска диалогового окна Coupling (Связывание) нажмите на вкладку Coupling в диалоговом окне Time Domain Setup (Настройка временной области).

Справка диалогового окна **Trace Coupling Settings (Настройки связывания графиков)**



Благодаря функции связывания графиков при изменении параметров временной области одного измерения эти изменения применяются ко всем другим измерениям в канале.

Пример:

Если вы одновременно просматриваете измерение в частотной области и измерение во временной области,

в этом диалоговом окне активирован параметр **Coupling** (Связывание),

в этом диалоговом окне отмечены флажками ВСЕ **параметры стробирования**,

и в измерении во временной области вы изменяете параметр **Gate Span** (Интервал стробирования),

то измерение в частотной области автоматически изменится в соответствии с этим интервалом стробирования временной области.

Примечание. Связывание графиков применяется ТОЛЬКО к настройкам масштаба / опорных параметров оси Y. Данные в результате связывания графиков не меняются.

Coupling ON (Связывание включено): поставьте этот флажок, чтобы разрешить связывание. Все измерения в активном канале будут связаны.

Для связывания доступны следующие параметры.

Transform Parameters (Параметры преобразования)

Stimulus (Входной испытательный сигнал): параметры ВРЕМЕНИ — Start (Начало), Stop (Конец), Center (Середина) и Span (Интервал).

State (On/Off) (Состояние (Вкл/Выкл)): преобразование включено или выключено.

Window (Окно): бета Кайзера / ширина импульса.

Mode (Режим): режимы Low pass Impulse (Низкочастотный импульсный), Low Pass Step (Низкочастотный ступенчатый), Band Pass (Полосовой).

Gating Parameters (Параметры стробирования)

Stimulus (Входной испытательный сигнал): параметры ВРЕМЕНИ — Start (Начало), Stop (Конец), Center (Середина) и Span (Интервал).

State (On/Off) (Состояние (Вкл/Выкл)): стробирование включено или выключено.

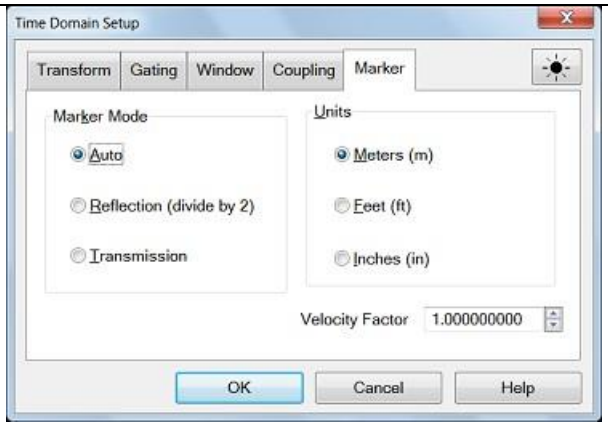
Shape (Форма): варианты Minimum (Минимальный), Normal (Нормальный), Wide (Широкий) и Maximum (Максимальный).

Type (Тип): варианты Bandpass (Полоса пропускания) и Notch (Режекция).

Чтобы открыть диалоговое окно маркера расстояния, нажмите **Dist. Marker Settings (Настройки маркера расстояния)** в диалоговом окне Transform (Преобразование).

Команды программирования

Справка диалогового окна **Distance Marker Settings (Настройки маркера расстояния)**



Когда в измерении временной области есть маркеры, расстояние автоматически отображается в показаниях маркера, таблице маркеров и печатной копии. Чтобы узнать о том, как создавать маркеры в измерении, см. настройки маркеров.

Можно считывать показания зависимости импеданса от времени, создав маркер на графике временной области, а затем изменив формат этого маркера на R+jX. Узнайте, как это сделать.

Это диалоговое окно позволяет настроить показания маркера расстояния во временной области в соответствии со своими потребностями.

Эти настройки влияют на ВСЕ маркеры только для АКТИВНОГО измерения (кроме случаев, когда параметр **Distance Marker Unit** (Единица измерения маркера расстояния) связан в диалоговом окне Trace Coupling (Связывание графиков)).

Marker Mode (Режим маркера): задайте тип измерения для определения верного расстояния маркера.

Выберите вариант **Auto** (Авто) для измерений S-параметров.

Выберите варианты **Reflection** (Отражение) или **Transmission** (Передача) для измерений с произвольным соотношением или без соотношений.

Auto (Авто): если активное измерение — это измерение S-параметра, приложение автоматически выбирает отражение или передачу. Если активное измерение не является измерением S-параметра, выбирается отражение.

Reflection (Отражение): на экран выводится расстояние от источника до приемника и обратно, деленное на два (для поправки на обратный путь).

Transmission (Передача): на экран выводится расстояние от источника до приемника.

Units (Единицы измерения): укажите, в каких единицах измерения должны отображаться значения расстояния маркера.

Velocity Factor (Коэффициент замедления линии передачи): **задайте коэффициент замедления линии передачи, который применяется в отношении среды устройства, включенного в схему после калибровки измерений. Данный коэффициент равен 0,66 для кабеля с полиэтиленовой изоляцией и 0,7 для кабеля с изоляцией из ПТФЭ. 1,0 соответствует скорости света в вакууме. В измерениях временной области эта настройка повышает точность отображаемых маркеров времени и расстояния.**

Ее также можно задать в диалоговых окнах Electrical Delay (Электрическая задержка) и Port Extensions (Расширения портов).

Запуск панели инструментов для временной области

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки

Math > ***Time Domain*** > **TD Toolbar**

На панели инструментов нажмите **More...** для открытия диалогового окна Time Domain (Временная область).

Расширение Low Frequency Extension (LFE)

Общие сведения
Запуск LFE и выход из расширения
Калибровка LFE

Общие сведения

Опция 205 (2-портовая модель) или опция 425 (4-портовая модель) предоставляют расширение Low Frequency Extension (LFE) — дополнительное оборудование, понижающее начальную частоту VNA до 900 Гц.

В данной теме:

Совместимость моделей

Блок-схема LFE

Состояния светодиодных индикаторов устройства расширения частот N5293A/95A

Поддерживаемые приложения

Совместимость моделей

Опция Low Frequency Extension доступна только для следующих моделей:

Двухпортовая конфигурация (опция 205)

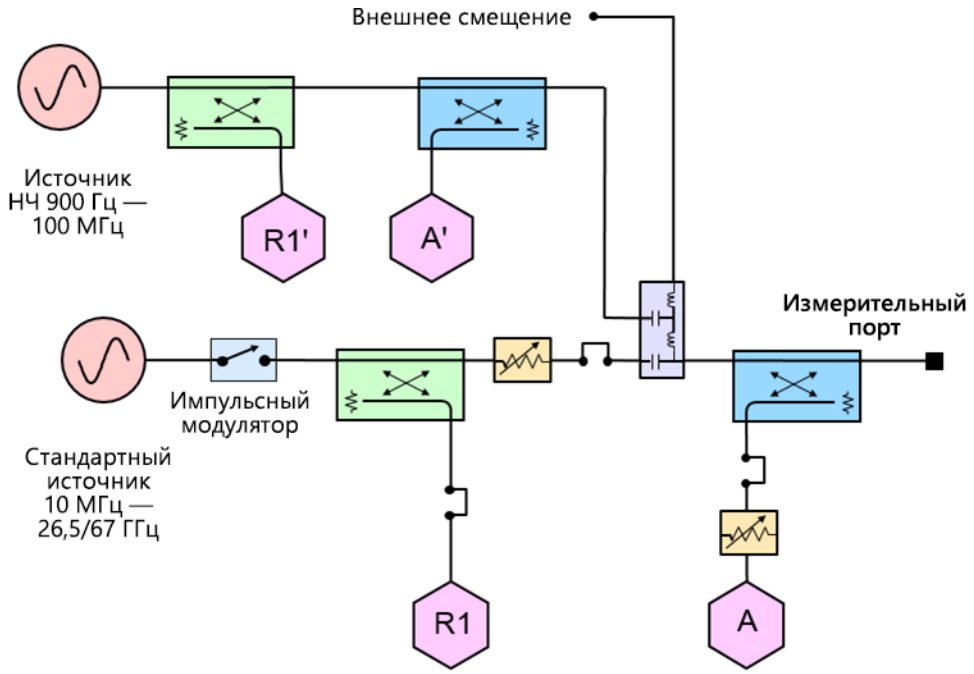
N5222B
N5227B
N5242B
N5247B

Четырехпортовая конфигурация (опция 425)

N5222B
N5227B
N5242B
N5247B

Блок-схема LFE

На следующей блок-схеме LFE показана конфигурация низкочастотного оборудования для одного измерительного порта. Другие порты конфигурируются аналогичным образом.



Состояния светодиодных индикаторов устройства расширения частот N5293A/95A

Ниже перечислены возможные состояния светодиодных индикаторов.

Синий: подключено и отвечает измерительному блоку N5292A

Зеленый: состояние готовности

Оранжевый: состояние готовности или прогрев

Красный: состояние ошибки

Не горит: устройство N5293A/95A выключено

Поддерживаемые приложения

В следующей таблице указано, какие приложения поддерживает и не поддерживает расширение LFE.

Приложение	**Поддерживается LFE?**	Опция
Gain Compression	Да	S93086A
Gain Compression Converters	Да	S93086A с S93082A или S93083A
Scalar Mixer/Converter (только амплитуда)	Да	S93082A

Frequency Offset Mode	Да	S93080A
Time Domain	Да	S93010A
Dynamic Uncertainty Analysis	Да	S93015A
Fast CW	Да	S93118A
Auto Fixture Removal	Да	S93007A
Scalar Mixer/Converter + фаза	Нет	S93083A
Vector Mixer/Converter	Нет	S93083A
Embedded LO	Нет	S93084A
Swept IMD	Нет	S93087A
Swept IMD Converters	Нет	S93087A с S93082A или S93083A
IM Spectrum	Нет	S93087A
IM Spectrum Converters	Нет	S93087A с S93082A или S93083A
True-Mode Stimulus Application (TMSA)	Нет	S93460A
Source Phase Control	Нет	S93088A
Multiport	Нет	S93551A

Differential IQ	Нет	S93089A
Spectrum Analyzer	Нет	S93090xA, S9309xA
Pulsed RF	Нет	S93025A с 021 и 022
Noise Figure	Нет	S93029A
Noise Figure Converters	Нет	S93029A с S93082A или S93083A

Запуск LFE и выход из расширения

В данной теме:

Запуск LFE

Запуск LFE с помощью функции Auto-Enable (Автоматическое включение)

Выход из LFE

Запуск LFE

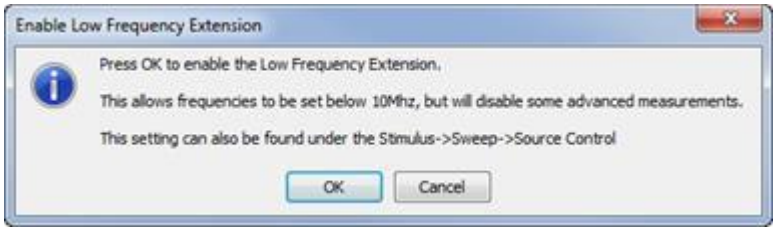
Порядок запуска LFE

С помощью аппаратной клавиши/*программной вкладки*/программной кнопки	С помощью мыши
Нажмите **Sweep** > ***Source Control*** > **LF Extension**. Убедитесь, что выбран параметр ON (ВКЛ) в программной кнопке **LF Extension.**	Щелкните по Stimulus. Выберите Sweep. Выберите Source Control. Выберите LF Extension [вкл/ВЫКЛ]

Команды программирования

Запуск LFE с помощью функции Auto-Enable (Автоматическое включение)

Если была задана частота ниже 10 МГц, а расширение LFE выключено (OFF), появляется следующее диалоговое окно. При нажатии кнопки OK расширение LFE включается.



Выход из LFE

На анализаторе VNA нажмите **Sweep** > ***Source Control*** > **LF Extension**. Убедитесь, что выбран параметр OFF (ВЫКЛ) в программной кнопке **LF Extension.**

Калибровка LFE

В данной теме описана процедура калибровки с помощью мастера калибровки Cal All, который позволяет откалибровать несколько каналов за один раз.

Примечание. Начиная с версии A.12.80 функция Cal All была расширена для возможности применения с новой опцией Low Frequency Extension. Если пользователь имеет как LFE-каналы, так и обычные каналы и если он желает использовать функцию Cal All для одновременной калибровки всех этих каналов, то в целях учета аппаратных различий между этими двумя ситуациями создаются два канала калибровки. При использовании графического интерфейса пользователя или средств COM для задания условий калибровки и испытательного сигнала данные настройки применяются к обоим каналам калибровки. При использовании команд SCPI пользователь может направить следующий запрос основного канала управляемой калибровки:SYST:CAL:ALL:GUID:CHAN:VAL? В ответ будет указан основной канал калибровки. При последующем использовании команд управляемой калибровки настройки будут передаваться на второй канал калибровки. Если же требуется задать эти настройки по отдельности, пользователь должен направить следующий запрос всех каналов калибровки Cal All: SYST:CAL:ALL:GUID:CHAN:LIST? Пользователь должен сначала задать настройки для основного канала калибровки, а затем для второстепенного. При инициализации этапов калибровки и сбора данных следует использовать номер основного канала калибровки Cal All.

Сведения о других способах калибровки, которые можно использовать, см. по следующим ссылкам:

Базовая калибровка

Калибровка Smart Cal

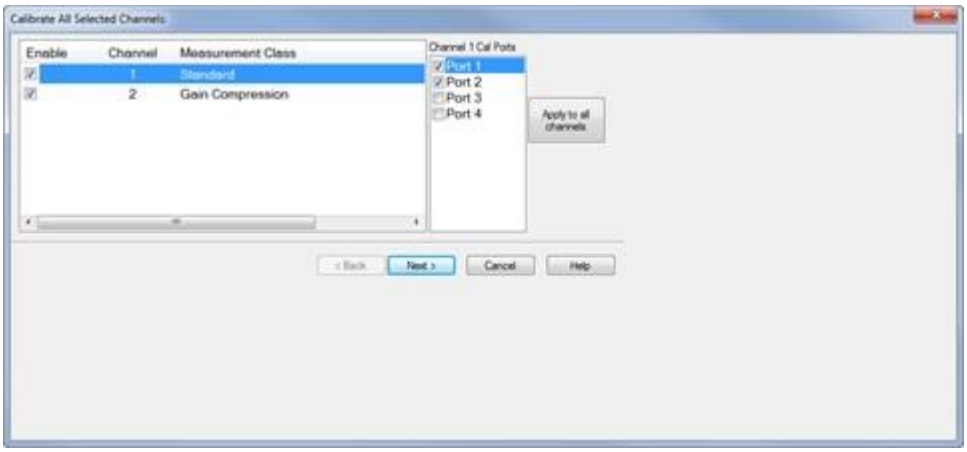
Калибровка по АЧХ

Процедура калибровки Cal All

Убедитесь, что классы измерений, которые требуется откалибровать, активны. Нажмите **Sweep** > ***Source Control*** > **LF Extension ON**.

Убедитесь, что правильно задан диапазон частот измерения.

Нажмите **Cal** > ***Main*** > **Other Cals** > **Cal All...** для запуска следующего диалогового окна, в котором показаны активные классы измерений.



Проверьте калибруемые классы измерений.

Выберите порты, затем нажмите кнопку **Apply to all channels** (Применить ко всем каналам) для применения выбранных портов ко всем каналам.

Нажмите **Next** (Далее), затем подтвердите или измените свойства калибровки в диалоговом окне **Measurement Class Cal Properties** (Свойства калибровки классов измерений).

Нажмите **Next** (Далее), чтобы открыть диалоговое окно **Calibration Attenuator Settings** (Настройки аттенюатора для калибровки).

В диалоговом окне **Calibration Attenuator Settings** выполните следующие действия.

Задайте настройки аттенюатора. Подробнее.

Нажмите кнопку **Noise Reduction** (Подавление шума), чтобы повысить точность измерений. Подробнее.

Нажмите кнопку **Mechanical Devices** (Механические устройства) для просмотра всех переключателей и аттенюаторов в VNA.

Нажмите **Next** (Далее) и выберите соединители испытуемого устройства и калибровочные комплекты в диалоговом окне **Select DUT Connectors and Cal Kits** (Выбор соединителей испытуемого устройства и калибровочных комплектов).

Нажмите **Next** (Далее), чтобы открыть диалоговое окно **Power Cal Settings** (Настройки калибровки мощности).

В диалоговом окне **Power Cal Settings** выполните следующие действия.

Поставьте флажок **Use Multiple Sensors** (Использовать несколько датчиков), если для охвата диапазона частот необходимо больше одного датчика мощности, а затем выберите датчик в выпадающем меню **Sensor** (Датчик).

Подробнее о допустимом пределе погрешности и максимальном числе показаний.

Нажмите **Next** (Далее) и пройдите этапы процесса калибровки до его завершения.

Информация может быть изменена без уведомления. Всегда проверяйте наличие последней редакции документов на веб-сайте Keysight.

© Keysight Technologies, 2019.
Издание 1-е, 1 марта 2019 г.

Напечатано в Малайзии

N5221-90001RURU
www.keysight.com