

Опция ZVAB-K30 – измерение коэффициента шума

Указания по применению

Продукты:

R&S_ZVA

R&S_ZVB

R&S_ZVT

R&S_ZVAB-K30

R&S_NRP-Z55

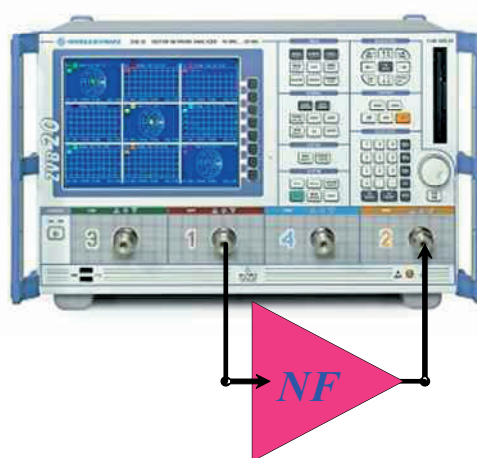
В настоящих Указаниях по применению описаны функциональные возможности опции R&S ZVAB-K30. Кроме того, рассмотрены конкретные конфигурации измерительной системы, пригодные для различных применений, и сопутствующие им «за» и «против». В данном документе приведены также примеры выполнения измерений для различных устройств и областей применения.

Содержание

1. ZVAB-K30 – измерение коэффициента шума

Измерение коэффициента шума – одна из основных задач, выполняемых везде, где есть высокочастотные маломощные устройства. Анализаторы цепей семейств ZVB, ZVA и ZVT производства компании Rohde & Schwarz позволяют делать это быстро, точно и легко.

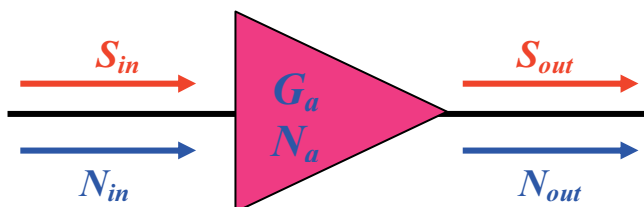
Новый изящный метод измерения коэффициента шума предусматривает использование векторного анализатора цепей компании Rohde & Schwarz. Этот простой и понятный подход не требует ни устройства подстройки импеданса, ни источника шума с заданным коэффициентом избыточного шума (ENR). Вместо этого он предусматривает использование в приемнике двух различных детекторов. Один из них измеряет мощность сигнала, а другой – мощность сигнала + шума на выходе проверяемого устройства. Эти данные (с учетом результатов калибровки) позволяют вычислить коэффициент шума проверяемого устройства.



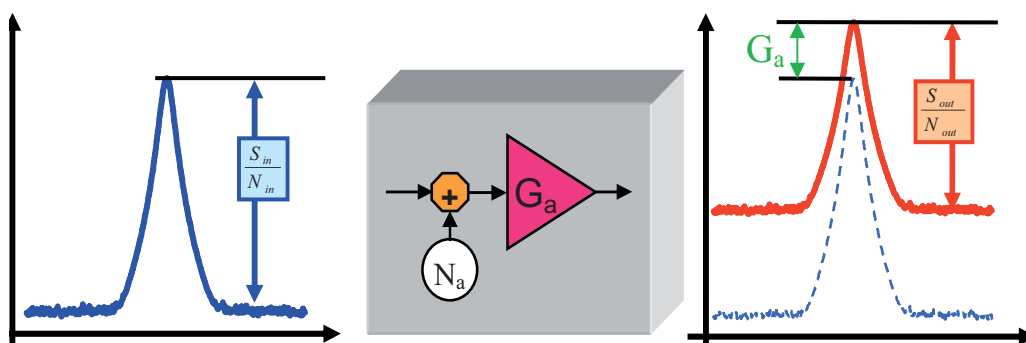
Благодаря простоте конфигурации этим методом можно измерить коэффициент шума и, например, матрицу рассеяния проверяемого устройства¹ одновременно и за одно подключение (сеанс измерения). Это позволяет снимать полные характеристики устройства без переключения.

1.1 Измерение коэффициента шума – начальные сведения

Измерение коэффициента шума высокочастотных маломощных устройств (в первую очередь, усилителей) выполняется весьма просто. Коэффициент шума по сути представляет собой частное между отношением (по мощности) «сигнал-шум» на входе и отношением (по мощности) «сигнал-шум» на выходе проверяемого устройства.



¹ Для устройств, имеющих ширину полосы пропускания менее 60 МГц, эффективность использования данного метода несколько снижена



Коэффициент шума F :

$$F = \frac{S_{Input} / N_{Input}}{S_{Output} / N_{Output}}$$

где S – мощность сигнала,
 N – мощность шума, Вт

Коэффициент шума NF [дБ]: $NF = 10 \log(F)$

1.2 Измерение коэффициента шума при помощи векторного анализатора цепей

Метод измерения NF, предложенный компанией Rohde & Schwarz, отличается от общепринятого метода Y-фактора, в котором используется источник шума. В ZVAB-K30 один и тот же набор данных обрабатывается двумя различными детекторами, что позволяет получить значения мощностей сигнала и сигнала + шума.

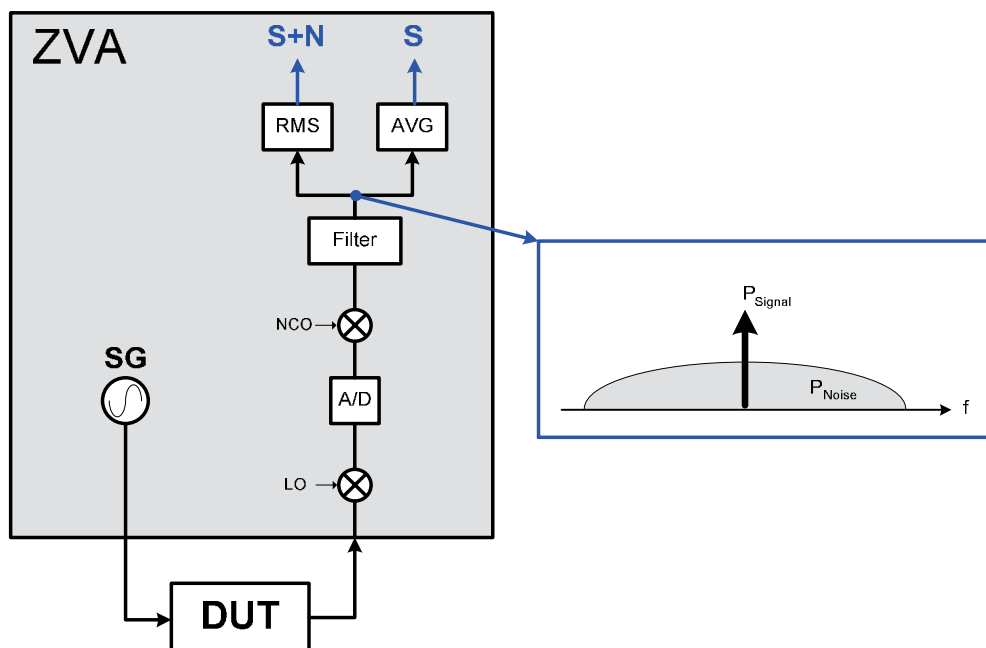
Как именно это работает?

Анализаторы цепей семейств ZVA/B/T компании Rohde & Schwarz позволяют использовать на приемной стороне два детектора одновременно. Для измерения значения коэффициента шума используются одновременно детектор среднего (AVG) значения и детектор среднеквадратичного (RMS) значения.

Детектор среднеквадратичного значения измеряет сумму мощностей сигнала и шума на выходе проверяемого устройства. Чистая мощность сигнала определяется на том же наборе данных, но при помощи детектора среднего значения.

Чтобы выделить сигнал из суммы сигнала + шума, детектор среднего значения выполняет измерение сигнала в течение определенного промежутка времени. Если этот промежуток сделать достаточным для полного аннулирования шумовой составляющей выходного сигнала проверяемого устройства, то останется только сигнальная составляющая. Имея два показания двух различных детекторов (среднеквадратичного значения и среднего значения), можно легко вычислить коэффициент шума.

Для измерения достаточно простой калибровки приемника по мощности.



1.3 Погрешность измерения коэффициента шума при помощи векторного анализатора цепей

Погрешность измерения коэффициента шума зависит от коэффициента передачи системы, эффективного коэффициента шума приемника и коэффициента шума устройства. Коэффициент передачи системы определяется коэффициентом передачи устройства и коэффициентом передачи предварительного усилителя² (при его наличии). Для вычисления эффективного коэффициента шума приемника нужно учесть коэффициенты шума всех компонентов после эталонной плоскости приемника, т.е. коэффициенты шума анализатора и дополнительных кабелей или аттенюаторов, находящихся, например, между проверяемым устройством и портом. На практике эффективный коэффициент шума приемника можно определить, соединив НАПРЯМУЮ источник и эталонную плоскость приемника и измерив (при надлежащей калибровке коэффициента шума), значение NF₂₁ при выключенной коррекции (см. также пример измерения в главе 3.1 «Усилитель ZJL-3G+ компании Mini-Circuits», Шаги 1 – 7).

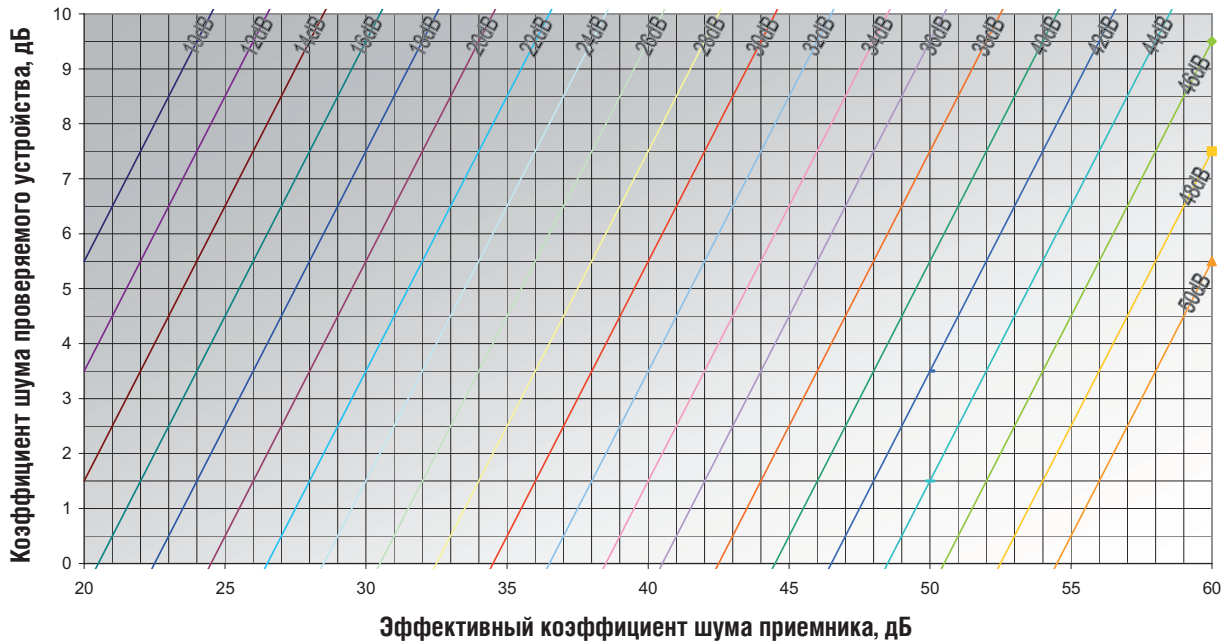
При определении граничных параметров работы установки сначала нужно определить эффективный коэффициент шума приемника и коэффициент передачи системы. На втором шаге, пользуясь приведенными ниже диаграммами, нужно определить измеряемый коэффициент шума для заданного эффективного коэффициента шума приемника (по оси X) и коэффициента передачи системы, указанными на диаграммах. Иными словами, точка пересечения линии, соответствующей коэффициенту передачи системы, и линии, соответствующей эффективному коэффициенту шума приемника, дает нам коэффициент шума (по оси Y), который может быть измерен с погрешностью 0,2 дБЗ.

Если погрешность результата не отвечает предъявляемым требованиям, то можно либо увеличить коэффициент передачи системы (воспользовавшись подходящим предварительным усилителем), либо уменьшить эффективный коэффициент шума приемника (подключив векторный анализатор цепей к приемнику напрямую). Оба варианта рассмотрены ниже в разделе, посвященном измерениям.

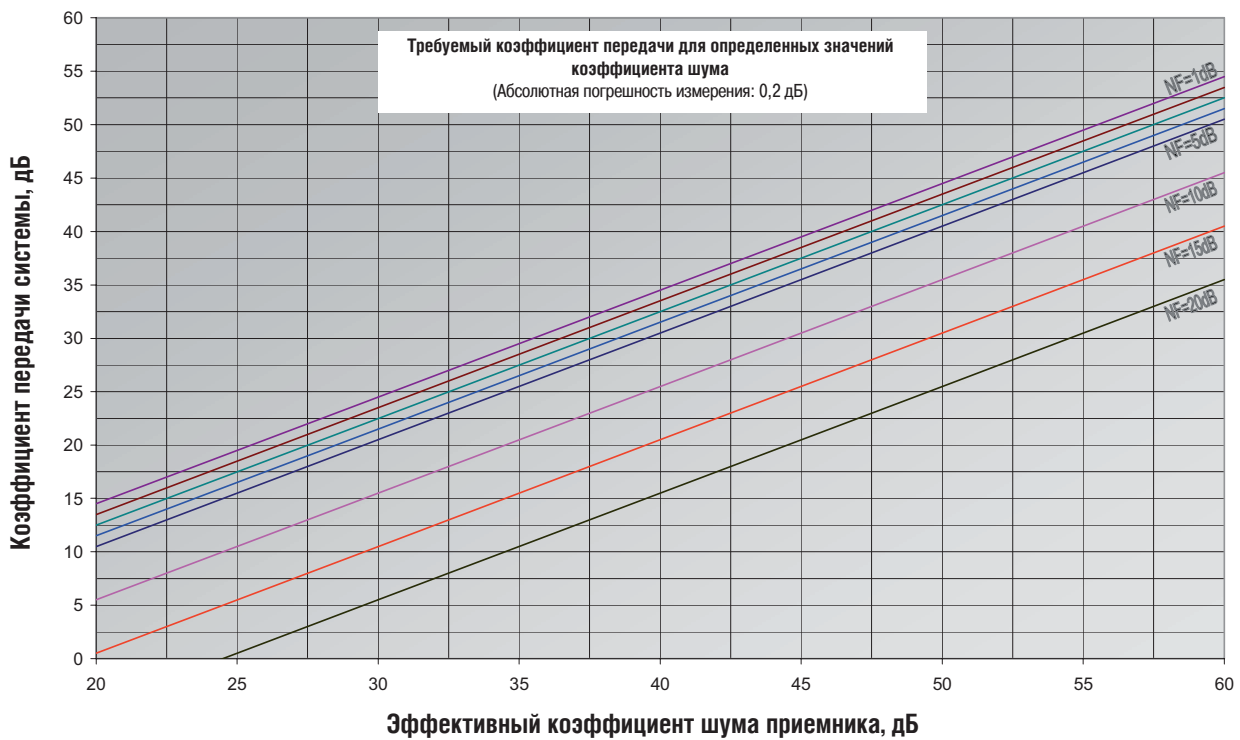
² Для определения коэффициента передачи системы достаточно простого измерения S₂₁

³ В отдельных точках точность может быть хуже

**Измеряемые значения коэффициента шума для определенного коэффициента передачи
(проверяемое устройство + предварительный усилитель)**
(Абсолютная погрешность измерения: 0,2 дБ)



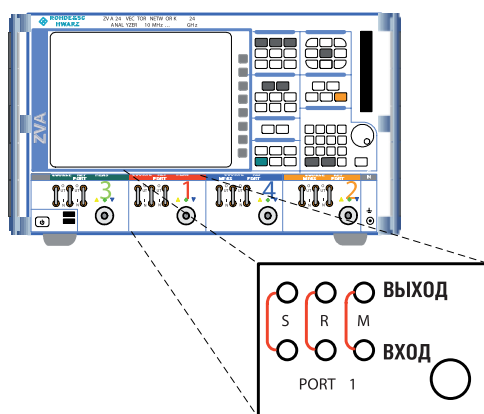
На этой диаграмме показано то же, что и выше, но информация (согласно приведенным вашим указаниям) – это требуемый коэффициент передачи системы для данного эффективного коэффициента шума приемника и коэффициента шума проверяемого устройства.



2 Конфигурации для измерения коэффициента шума

Векторные анализаторы цепей ZVB, ZVA и ZVT компании Rohde & Schwarz поддерживают различные конфигурации для измерения коэффициента шума, каждая из которых имеет свои «за» и «против»^{4,5}. Пользователь сам должен выбрать конфигурацию, наиболее подходящую для конкретного применения.

Для упрощения понимания процедуры измерения коэффициента шума на приведенных ниже рисунках схематически изображен только измерительный порт с разъемами для прямого подключения приемника.

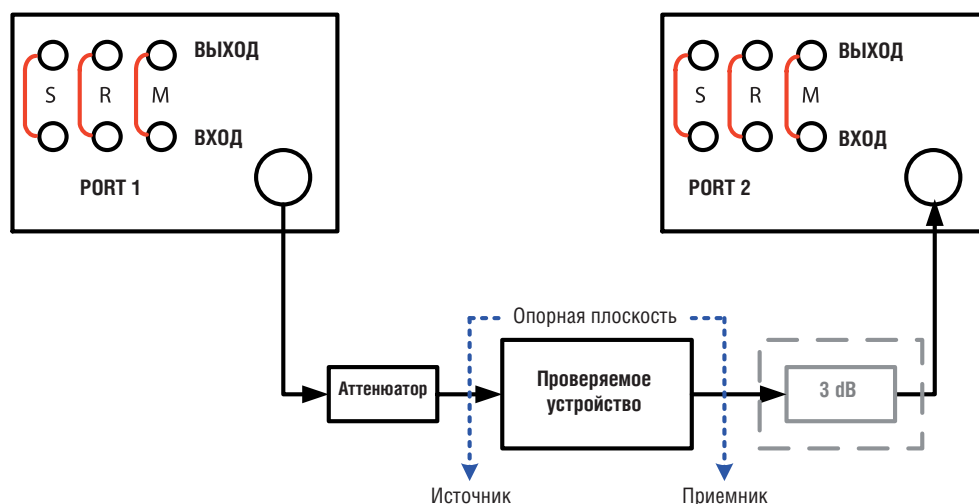


Разъемы для прямого подключения приемника обозначены следующим образом:

- S** – сигнал
- R** – приемник
- M** – измерение

Далее, считается, что эталонные плоскости источника и приемника всегда находятся на входе и выходе проверяемого устройства, как показано в стандартной конфигурации с внешним аттенуатором, вынесенным за пределы опорной плоскости.

2.1 Стандартная конфигурация (с внешними аттенуаторами)



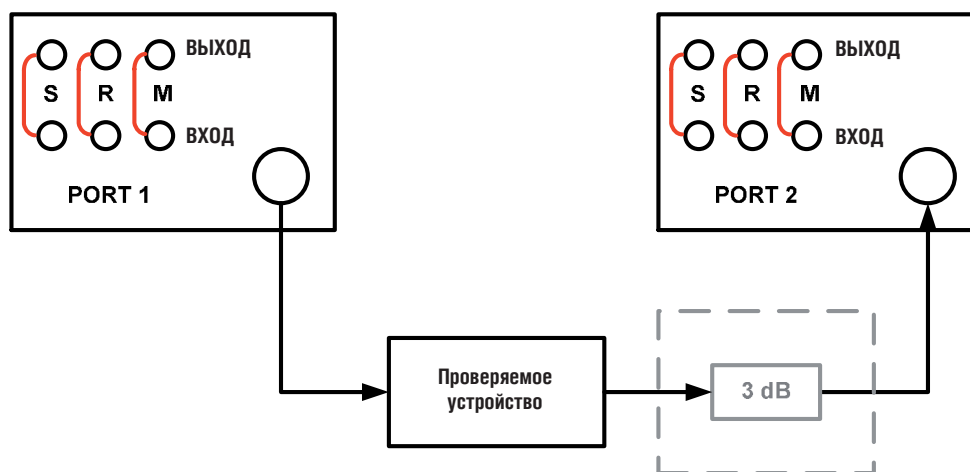
⁴ Для частот выше 24 ГГц рекомендуется использовать конфигурацию с предварительным усилителем

⁵ Для векторных анализаторов цепей без ступенчатых аттенуаторов в цепи генератора (опция B2x) при выборе конфигурации следует учитывать уровни мощности

Применение	Усилитель с коэффициентом шума >2,5 дБ и коэффициентом передачи > 25 дБ
Преимущества	<i>Отсутствует необходимость во внутренних ступенчатых аттенюаторах Отсутствует необходимость в предварительном усилителе</i>
Недостатки	<i>Необходимы внешние аттенюаторы Необходим определенный коэффициент передачи устройства</i>
Внешний аттенюатор	Практическое правило: коэффициент ослабления внешнего аттенюатора должен быть соизмерим с коэффициентом передачи системы (GDUT + GPre-Amp) + 5 ... 10 дБ.

Практический совет: Для устройств с плохим согласованием внешние аттенюаторы могут улучшить согласование и тем самым уменьшить неравномерность коэффициента передачи и кривой измерения коэффициента шума.

2.2 Стандартная конфигурация (с внутренними ступенчатыми аттенюаторами)⁶

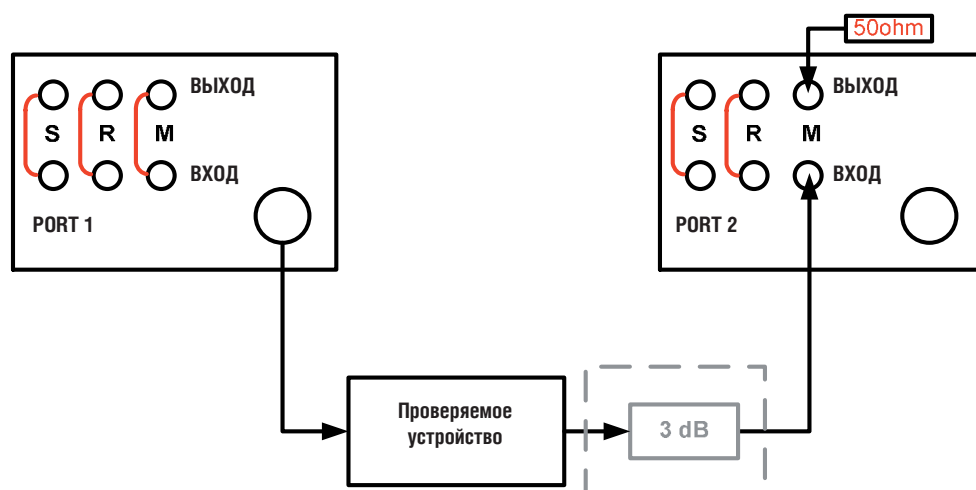


Применение	Усилитель с коэффициентом шума >2,5 дБ и коэффициентом передачи > 25 дБ
Преимущества	<i>Отсутствует необходимость в предварительном усилителе</i>
Недостатки	<i>Необходим определенный коэффициент передачи устройства</i>

Практический совет: Для устройств с плохим согласованием внешние аттенюаторы могут улучшить согласование и тем самым уменьшить неравномерность коэффициента передачи и кривой измерения коэффициента шума.

⁶ Конфигурация для векторного анализатора цепей с внутренним ступенчатым аттенюатором

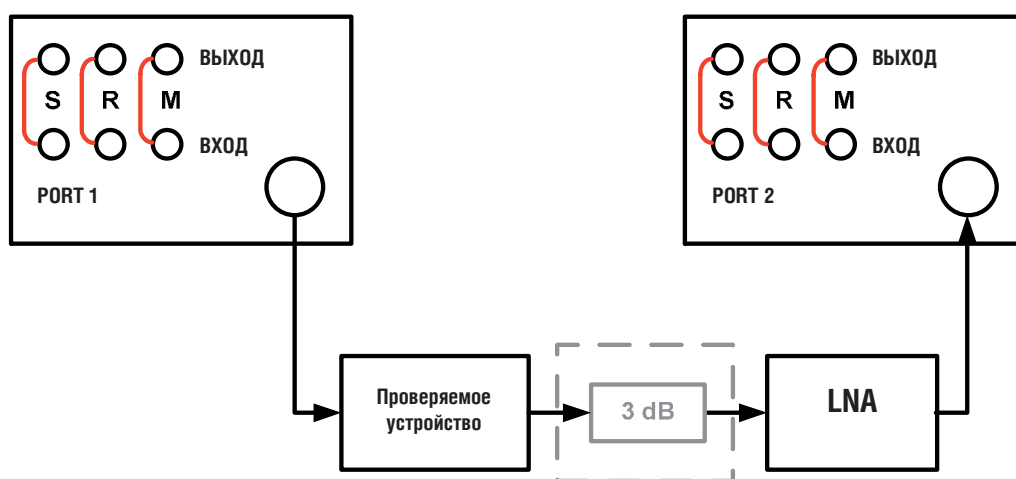
2.3 Конфигурация с прямым подключением приемника⁶



Применение	Усилитель с коэффициентом шума >2,5 дБ и коэффициентом передачи > 15 дБ
Преимущества	Уменьшенные требования к коэффициенту передачи проверяемого устройства
Недостатки	Возможны только заблаговременные измерения

Практический совет: Для устройств с плохим согласованием внешние аттенюаторы могут улучшить согласование и тем самым уменьшить неравномерность коэффициента передачи и кривой измерения коэффициента шума.

2.4 Конфигурация с предварительным усилителем⁶

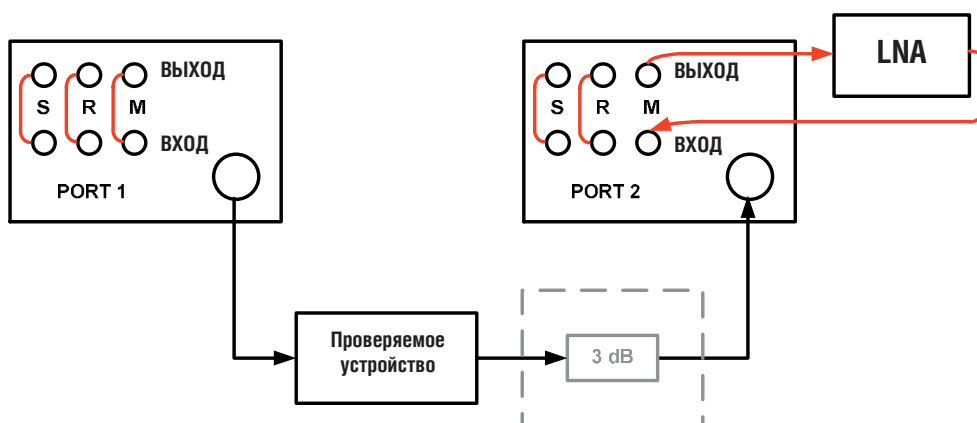


Применение	Усилитель с малым коэффициентом передачи
Преимущества	Отсутствует необходимость в прямом подключении приемника (опция B16)
Недостатки	Возможны только заблаговременные измерения

Практический совет: Для устройств с плохим согласованием внешние аттенюаторы могут улучшить согласование и тем самым уменьшить неравномерность коэффициента передачи и кривой измерения коэффициента шума.

Применение	Пассивные устройства
Преимущества	Отсутствует необходимость в прямом подключении приемника (опция B16)
Недостатки	Возможны только заблаговременные измерения

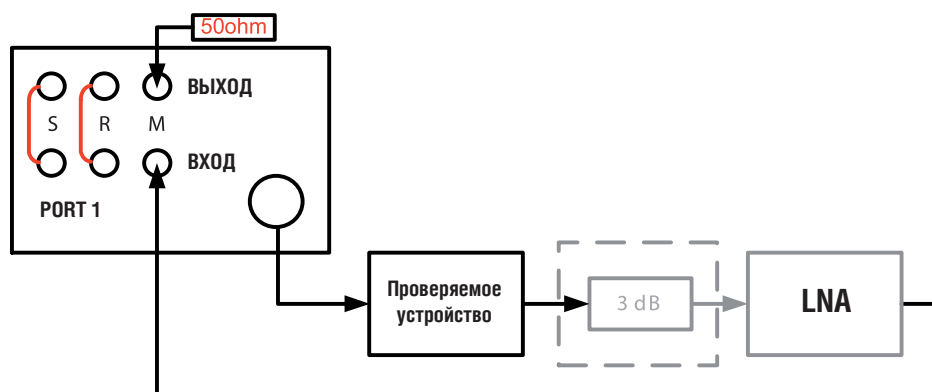
2.5 Конфигурация с предварительным услителем, включенным в разъемы «Измерение» тракта прямого подключения приемника⁶



Применение	Усилитель с малым коэффициентом передачи
Преимущества	Возможно полное измерение S-параметров
Недостатки	Необходимо прямое подключение приемника (опция B16)

Практический совет: Для устройств с плохим согласованием внешние аттенюаторы могут улучшить согласование и тем самым уменьшить неравномерность коэффициента передачи и кривой измерения коэффициента шума.

2.6 Конфигурация для параллельного тестирования⁶



Применение	Параллельное тестирование
Преимущества	<i>Повышенная пропускная способность</i>
Недостатки	<i>Необходимо прямое подключение приемника (опция B16)</i>

Практический совет: Эта конфигурация, по аналогии с предыдущими, позволяет включить в цепь предварительный усилитель, а также внешние аттенюаторы.