

ИНСТРУКЦИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ВЕКТОРНЫЕ АНАЛИЗАТОРЫ ЦЕПЕЙ P4226A «ПАНОРАМА»



ИЗМЕРЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ШУМА. ОПЦИЯ «ИКШ»



Информация может быть изменена без предварительного уведомления.

Измерение коэффициента шума. Опция «ИКШ»

Векторный анализатор цепей (ВАЦ) серии P4226 «Панорама» с опцией «ИКШ» позволяет проводить измерение коэффициента шума (КШ).

Существует два основных метода измерения коэффициента шума: метод прямого измерения шума (холодного источника) и метод Y – фактора (холодного \ горячего источника). Применяемый в ВАЦ алгоритм векторной коррекции (компенсации рассогласований между исследуемым устройством и измерителем), скалярной калибровки (измерение собственного коэффициента шума измерителя), векторной калибровки (исключение влияния выходного импеданса исследуемого устройства) повышает точность измерения.

Метод Y-фактора применяется в большинстве выпускаемых измерителей коэффициента шума. Такой метод подразумевает наличие генератора шума (ГШ) на входе измеряемого устройства во время проведения измерения. Такой метод, например, применяется в *измерителе коэффициента шума серии «Х5М»*.

В векторном анализаторе цепей «Панорама» применяется метод прямого измерения коэффициента шума с векторной коррекцией. Данный метод подразумевает наличие генератора шума только во время проведения калибровки, далее ГШ не участвует в процессе измерения. Метод позволяет повысить точность измерения коэффициента шума, переносить плоскость калибровки и выполнять несколько измерений за одно подключение к ВАЦ.

Для расчета коэффициента шума используется следующее отношение:

$$F = \frac{N_{out}^{DUT}}{N_0 \times |S_{21}|^2};$$

Где N_{out}^{DUT} – мощность шума на выходе исследуемого устройства (ИУ), выделяемая на нагрузке Z_0 (в полосе приёмника ВАЦ); N_0 – мощность теплового шума холодного (290° К) источника (в полосе приёмника ВАЦ); $|S_{21}|^2$ – коэффициент передачи мощности ИУ, нагруженного на Z_0 ; Z_0 – системный импеданс.

Измерение коэффициента шума в ВАЦ «Панорама» проводится дополнительно устанавливаемым шумовым приёмником.

Особенности использования опции ИКШ

- Диапазон рабочих частот 50 МГц ...26,5 ГГц.
- Диапазон измерения КШ 0...50 дБ.
- Диапазон измерения коэффициента передачи -40...60 дБ.
- Для измерения коэффициента шума, ИУ подключается ко второму порту ВАЦ. Для достижения максимальной точности и стабильности измерения коэффициента шума, между выходом ИУ и портом 2 ВАЦ должно быть наименьшее количество элементов, вызывающих дополнительные потери.
- Выход питания ГШ +28 В расположен на задней панели ВАЦ.
- Генератор шума рекомендуется использовать с ИОШТ (ENR) > 10 дБ.

Уровень мощности на выходе ИУ

- Для обеспечения наилучшей точности измерения коэффициента шума уровень выходной мощности ИУ должен быть на 15-20 дБ ниже точки сжатия используемого ИУ во время измерения S-параметров.
- Чтобы уменьшить дрожание коэффициента шума, уровень мощности на измерительном приемнике b2 (порт 2) должен быть выше -20 дБм во время измерения S-параметров, но не превышать уровень 0 дБм.
- Лучший способ контроля мощности на входе приемника b2 (порт 2) – это отображение измерительной трассы b2 (1->2).
- Для ИУ с коэффициентом усиления ниже 15 дБ используйте согласующий аттенюатор на выходе порта 1.
- Оптимизируйте измерительную схему таким образом, чтобы калибровка и измерения проводились при одних и тех же значениях выходной мощности аттенюаторов источника и приемника.

Усиление тракта шумового приемника

В ВАЦ предусмотрена возможность управления усилением тракта шумового приёмника. Настройка усиления осуществляется исходя из суммы значений ожидаемого коэффициента усиления (КУ) и ожидаемого коэффициента шума (КШ). Условия выбора усиления:

- **Низкое**, если $60 \text{ дБ} > \text{КУ} + \text{КШ} > 45 \text{ дБ}$;
- **Высокое**, если $\text{КУ} + \text{КШ} < 45 \text{ дБ}$.

Информация может быть изменена без предварительного уведомления.

Реализация измерительного блока ВАЦ «Панорама» с опцией «ИКШ» представлена на рис 1.

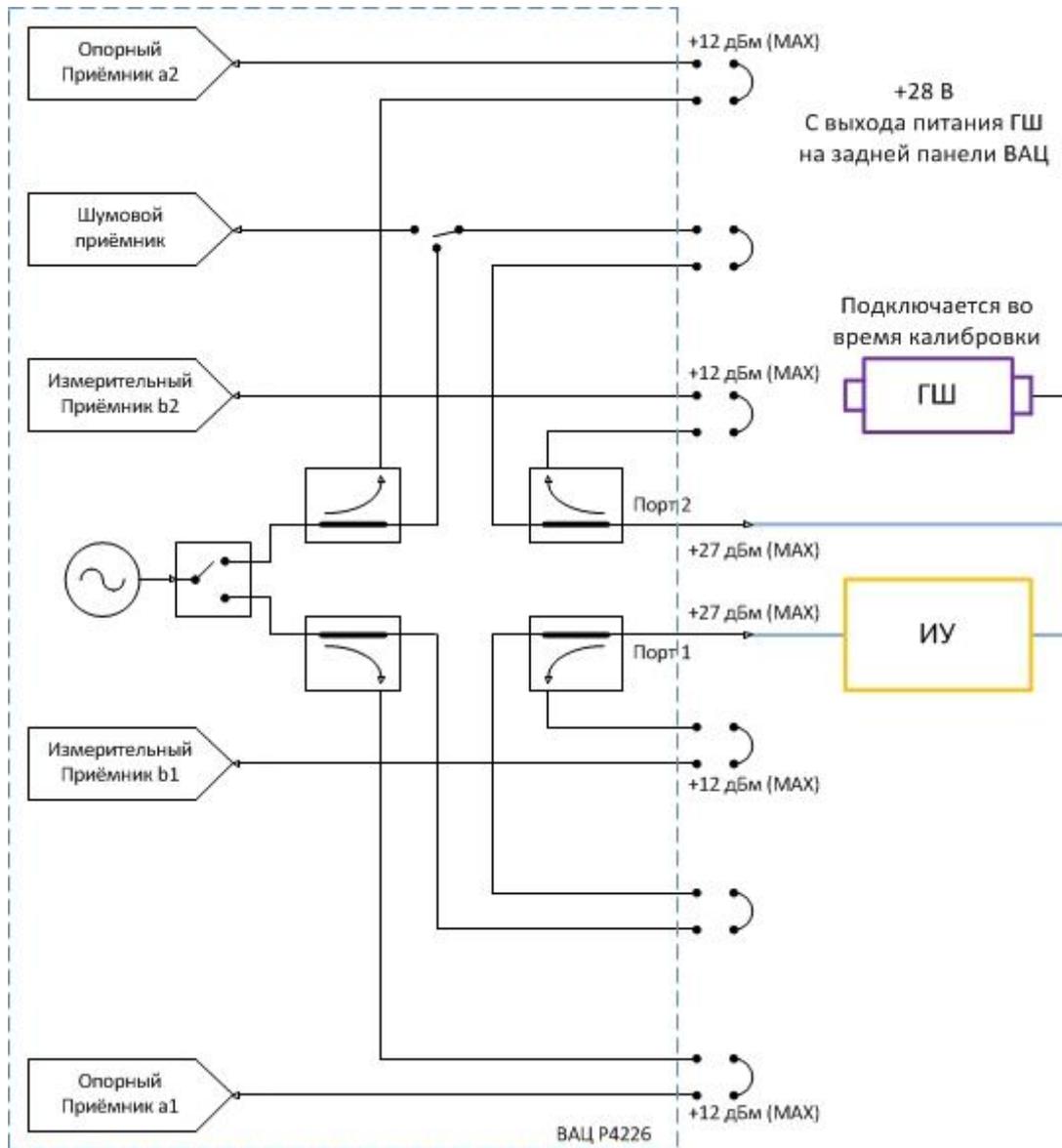


Рис. 1. Реализация измерительного блока ВАЦ «Панорама» с опцией «ИКШ» для измерения коэффициента шума

Для проведения измерения коэффициента шума потребуется:

- Векторный анализатор цепей «Панорама» с опцией «ИКШ»;
- Набор калибровочных мер или электронный калибратор;
- Набор кабельных сборок.

Измерение коэффициента шума усилителя со скалярной калибровкой

Пример 1.

Проведем измерение коэффициента шума (SNF), коэффициента передачи (S_{21}), S_{11} , S_{22} , развязку (S_{12}) усилителя «LNA20/1» производства компании «Микран». Частотный диапазон при измерении (RF) = 50 МГц... 20 ГГц, мощность зондирования – 15 дБм. Ожидаемый КУ = 33 дБ, ожидаемый КШ = 6 дБ. Технические характеристики усилителя приведены в таблице 1.

Таблица 1. Технические характеристики усилителя «LNA20/1» производства компании «Микран».

Диапазон рабочих частот	10 МГц ... 20 ГГц			
	10 МГц ... 2 ГГц	2 ... 6 ГГц	6 ... 14 ГГц	14 ... 20 ГГц
Усиление (S_{21}), дБ	≥ 30	≥ 27	≥ 30	≥ 33
Коэффициент шума (NF), дБ	6	4	3	6
Выходная мощность, при сжатии на 1 дБ (P1дБ), дБм	14	13	12	12
Возвратные потери (S_{11}), дБ	≤ -14			
Возвратные потери (S_{22}), дБ	≤ -12			

Для проведения калибровки будем использовать генератор шума «ГШМ20» производства компании «Микран».

1. Подготовить ВАЦ к работе;
2. Запустить программное обеспечение Graphit;
3. Осуществить подключение к прибору (рис. 2);

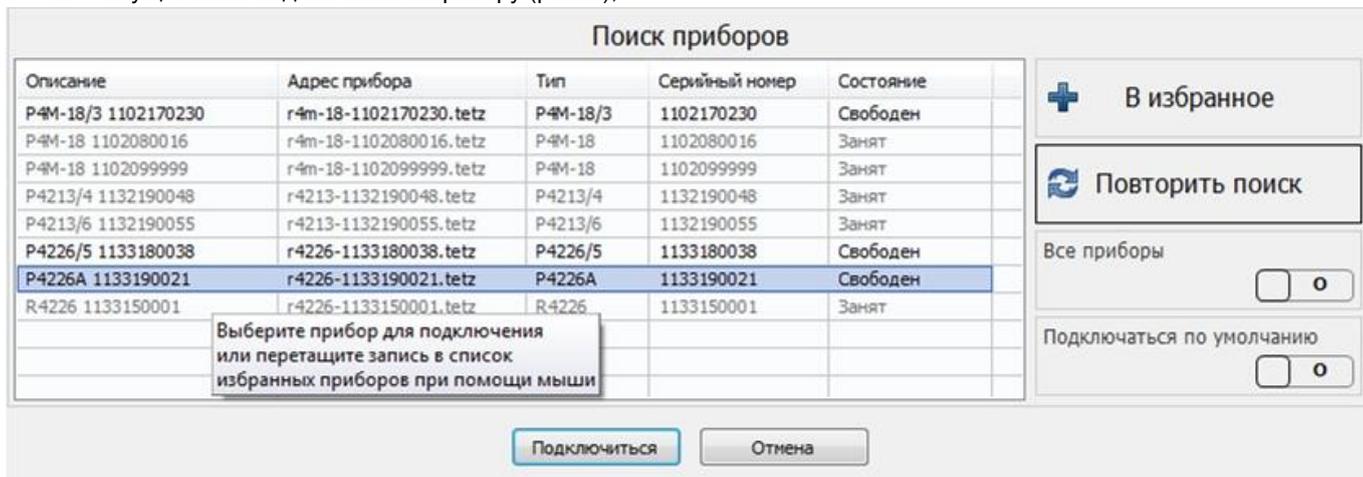


Рис. 2. Подключение к ВАЦ

4. Сбросить настройки программного обеспечения Graphit по умолчанию, для этого нажать кнопку  «Восстановить начальные параметры»;
5. В панели управления «Мощность» установить мощность зондирования – 15 дБм. При установке мощности зондирования необходимо учитывать ожидаемый коэффициент усиления (КУ) измеряемого устройства, чтобы приёмник оставался в линейном режиме работы. В случае необходимости устанавливать ослабление сигнала, попадающего на второй измерительный приёмник b2. Для этого в ВАЦ с опцией «ИКШ» установлены встроенные аттенюаторы, расширяющие динамический диапазон. В нашем случае необходимо дополнительное ослабление зондирующего и принимаемого сигнала, для этого необходимо установить ручное управление аттенюаторами, 10 дБ аттенюатор генератора первого порта и 20 дБ аттенюатор приёмника второго порта (рис 3);

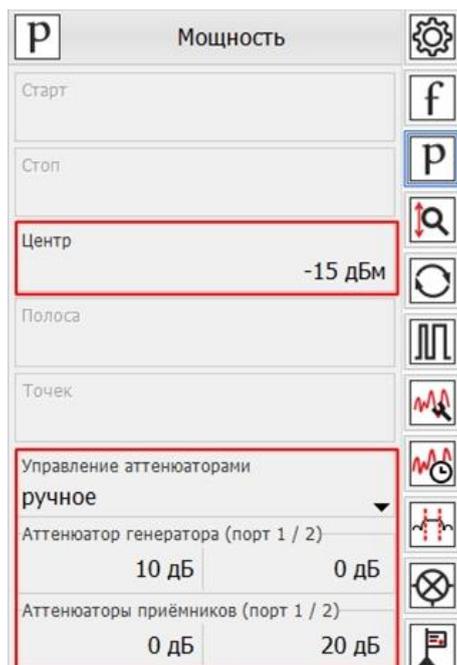


Рис. 3. Задание мощности зондирования и установка дополнительного ослабления с помощью внутренних аттенюаторов

6. Задать частотный диапазон измерения коэффициента шума (50 МГц ...20 ГГц) (рис. 4);

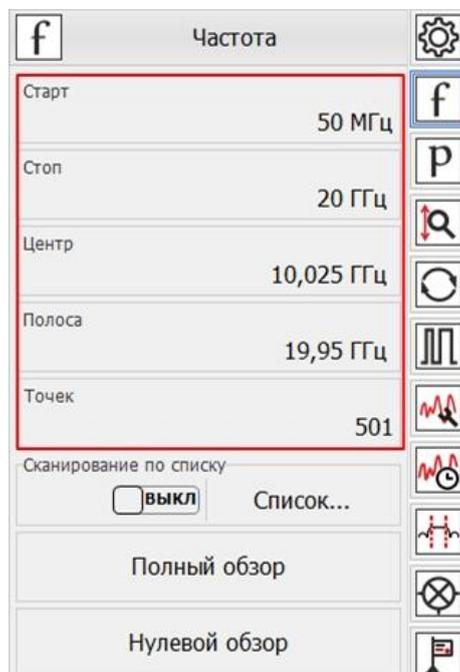


Рис. 4. Задание частотного диапазона.

7. Создать измерительную трассу для измерения КШ (рис. 5).

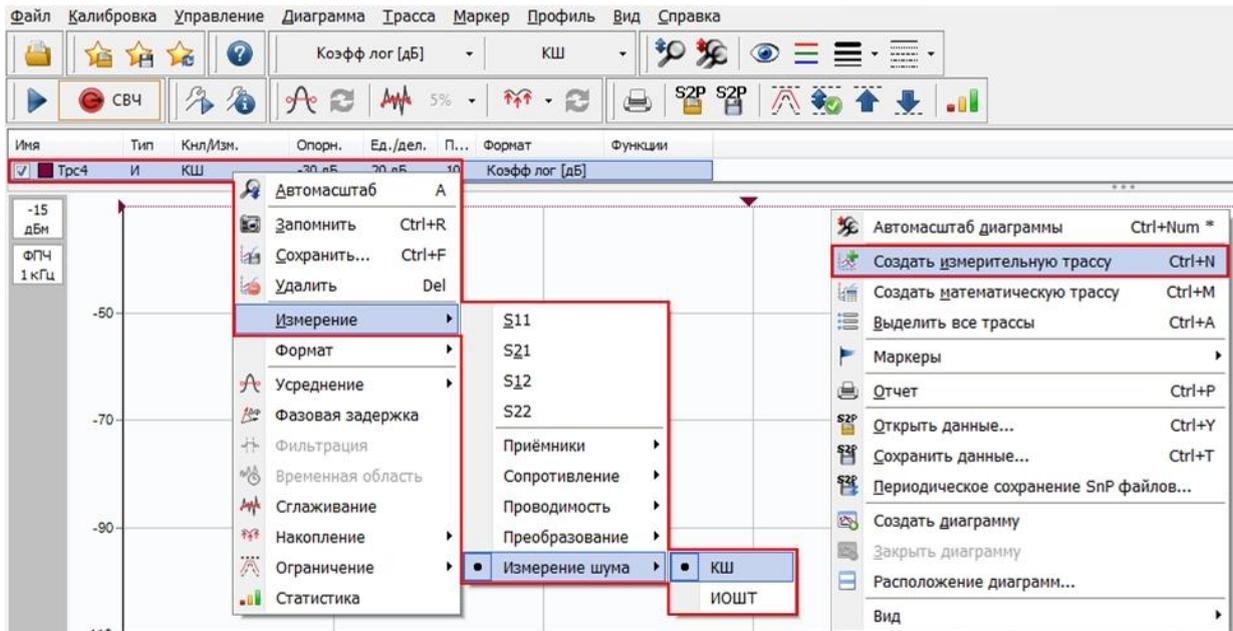


Рис. 5. Создание измерительной трассы для коэффициента шума КШ

- Выбрать в главном меню *Калибровка* -> *Мастер калибровки*. В окне «*Параметры калибровки*» в поле «*Тип калибровки*» выбрать пункт «*Двухпортовая с измерением КШ (порт 2)*». В поле «*Характеристика ГШ*» задать файл, содержащий таблицу значений ENR (Excess Noise Ratio – избыточный коэффициент шума) используемого генератора шума. Фильтр ПЧ определяет время измерения в каждой точке и уровень шума приёмного тракта шумового приёмника. Значение в поле «*Усиление тракта*» подобрать исходя из соображений, приведенных в пункте «*Усиление тракта шумового приемника*». Настройка параметров калибровки для нашего примера изображена на рис 6. Мастер калибровки предложит подключить к измерительному порту ГШ, нагрузки ХХ, КЗ, СН к первому порту и ко второму порту, меру на проход. Провести калибровку, руководствуясь мастером калибровки.

Возможно проведение калибровки с использованием автоматического калибратора;

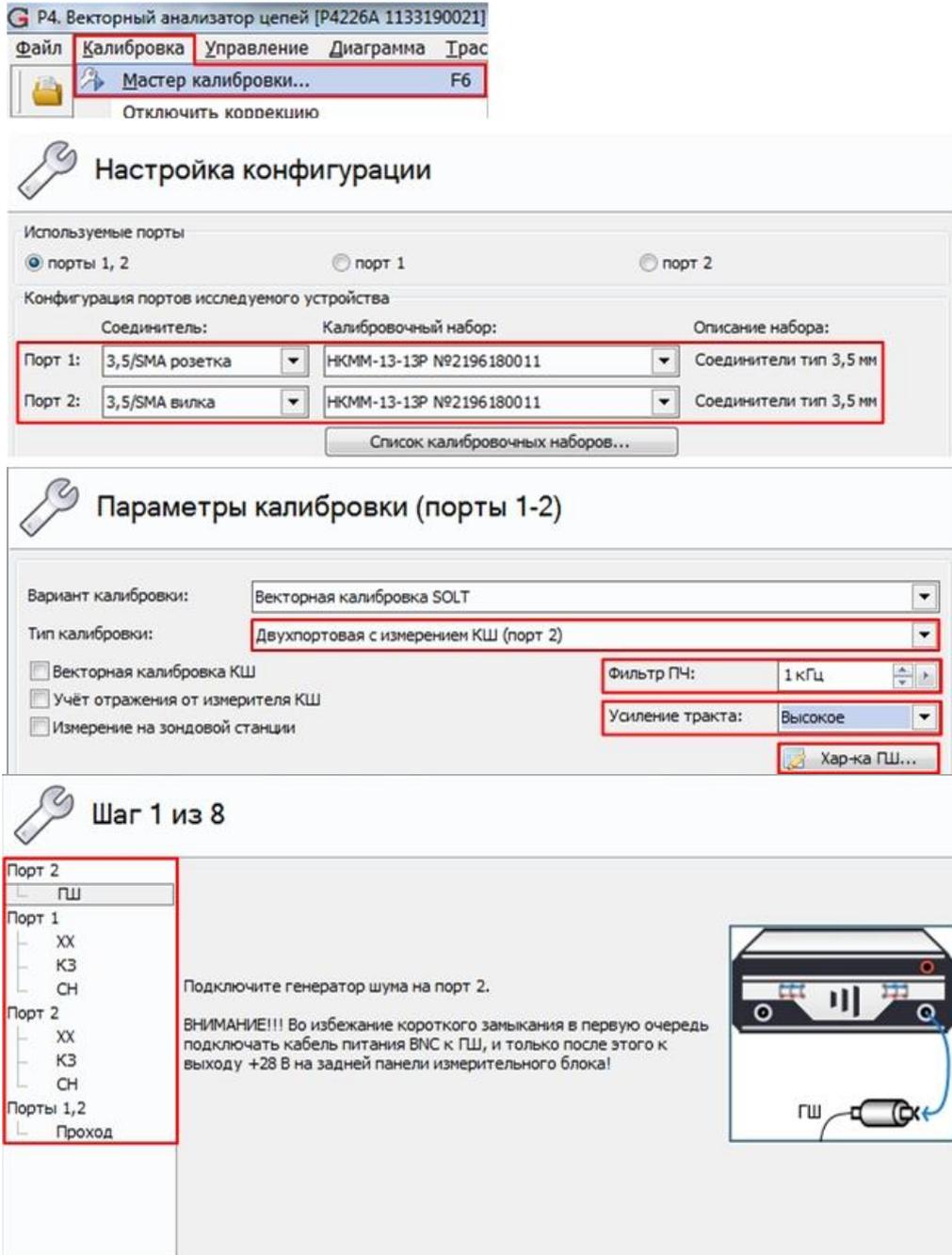


Рис. 6. Настройка параметров калибровки

- Подключить исследуемое устройство между портами ВАЦ, как изображено на рис 1.
- Результаты измерения приведены на рис 7 и рис 8.

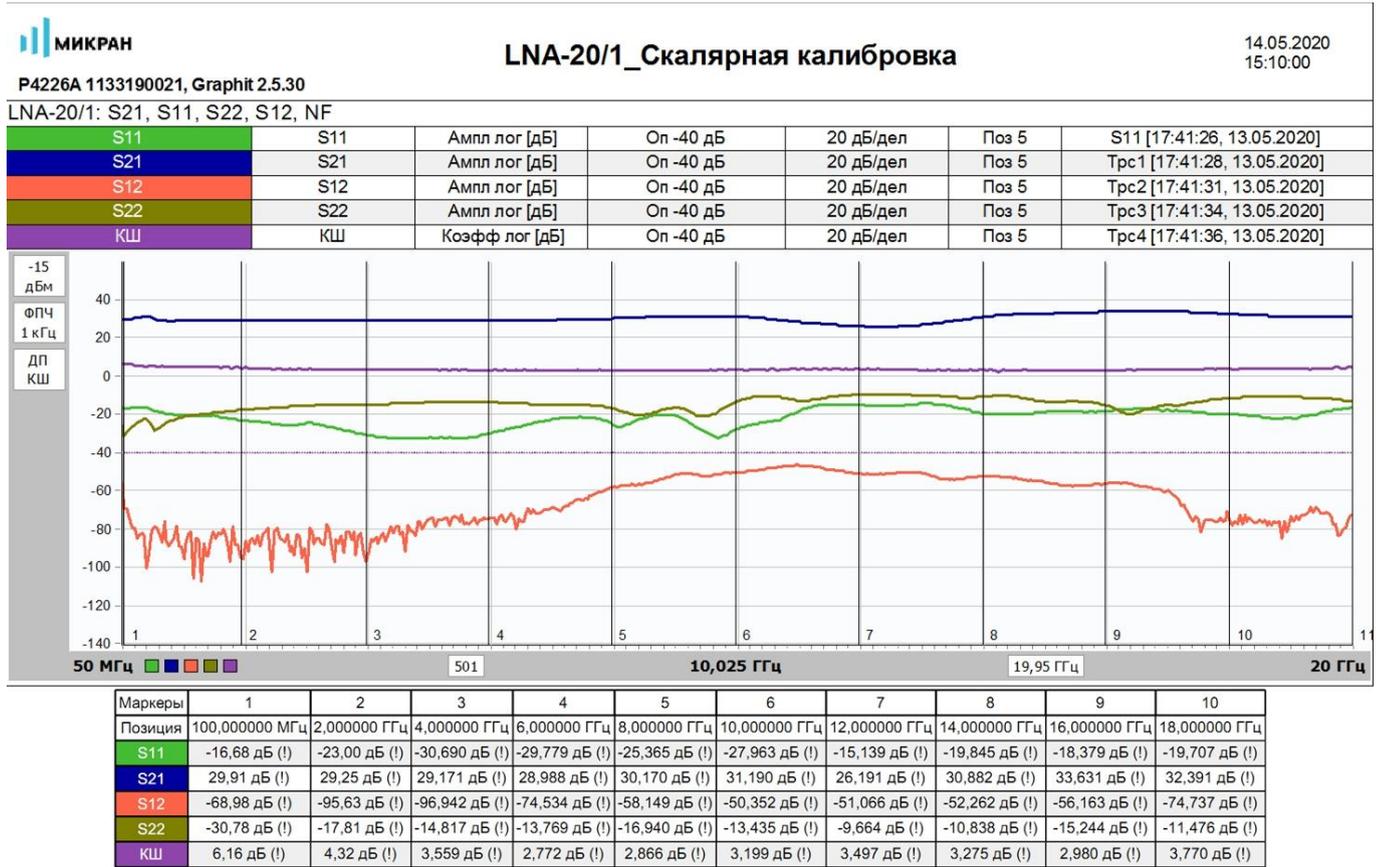


Рис. 7. Результаты измерения коэффициента шума S₁₁, S₂₁, S₁₂, S₂₂ «LNA20/1» со скалярной калибровкой



Рис. 8. Результаты измерения коэффициента шума «LNA20/1» со скалярной калибровкой

Измерение коэффициента шума усилителя с векторной калибровкой

Измерение коэффициента шума с векторной коррекцией позволяет учитывать отражение от ГШ. При КУ измеряемого устройства меньше 20 дБ рассогласование оказывает значительное влияние. Векторная калибровка рекомендуется для ИУ с коэффициентом усиления меньше 20 дБ.

Пример 2.

Проведем измерение коэффициента шума (SNF), коэффициента передачи (S_{21}), S_{11} , S_{22} , развязку (S_{12}) усилителя «LNA20/1» производства компании «Микран». Частотный диапазон при измерении (RF) = 50 МГц ... 20 ГГц, мощность зондирования – 15 дБм. Ожидаемый КУ = 33 дБ, ожидаемый КШ = 6 дБ. Технические характеристики усилителя приведены в таблице 2.

Таблица 2. Технические характеристики усилителя «LNA20/1» производства компании «Микран»

Диапазон рабочих частот	10 МГц ... 20 ГГц			
	10 МГц ... 2 ГГц	2 ... 6 ГГц	6 ... 14 ГГц	14 ... 20 ГГц
Усиление (S_{21}), дБ	≥ 30	≥ 27	≥ 30	≥ 33
Коэффициент шума (NF), дБ	6	4	3	6
Выходная мощность, при сжатии на 1 дБ (P1дБ), дБм	14	13	12	12
Возвратные потери (S_{11}), дБ	≤ -14			
Возвратные потери (S_{22}), дБ	≤ -12			

Для проведения калибровки будем использовать генератор шума «ГШМ20» производства компании «Микран».

1. Повторить пункты 1-7 указанные в предыдущем примере;
2. Выбрать в главном меню *Калибровка* -> *Мастер калибровки*. В окне «Параметры калибровки» в поле «Тип калибровки» выбрать пункт «Двухпортовая с измерением КШ (порт 2)». В поле «Характеристика ГШ» задать файл, содержащий таблицу значений ENR (Excess Noise Ratio – избыточный коэффициент шума) используемого генератора шума. Фильтр ПЧ определяет время измерения в каждой точке и уровень шума приемного тракта шумового приемника. Значение в поле «Усиление тракта» подобрать исходя из соображений, приведенных в пункте «Усиление тракта шумового приемника». Настройка параметров калибровки для нашего примера изображена на рис 9. Мастер калибровки предложит подключить к измерительному порту ГШ, нагрузки XX, K3, CH к первому порту и ко второму порту, меру на проход. Также мастер калибровки предложит подключить ко второму порту ВАЦ пять произвольных нагрузок. Произвольными нагрузками послужат устройства с существенно разным согласованием. Рекомендуется использовать нагрузки из набора калибровочных мер XX, K3, CH, четвертой и пятой мерой послужат XX, K3 соединенные с портом ВАЦ через аттенуатор небольшого номинала (3...10 дБ). Провести калибровку, руководствуясь мастером калибровки.

Возможно проведение калибровки с использованием автоматического калибратора.

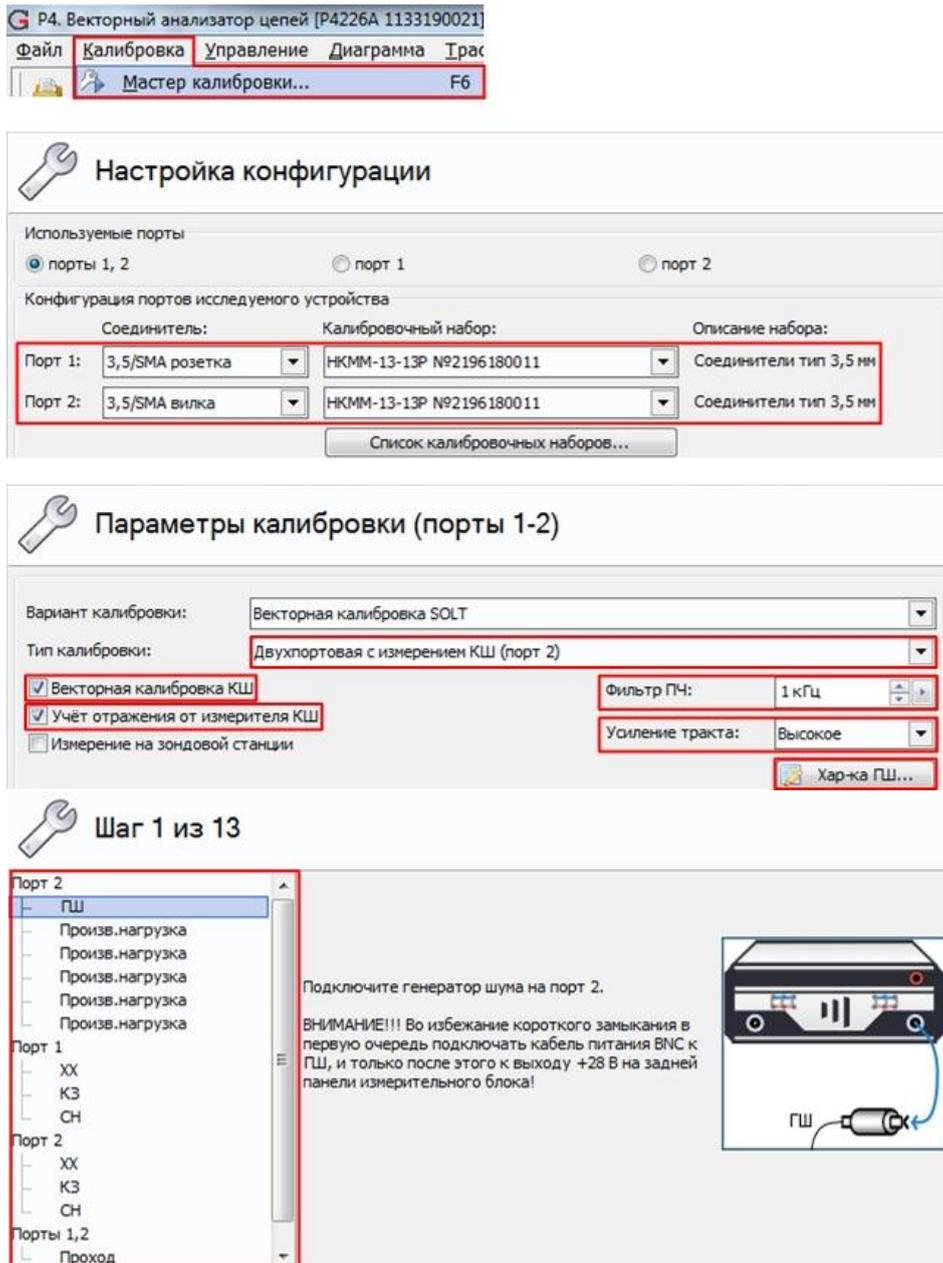
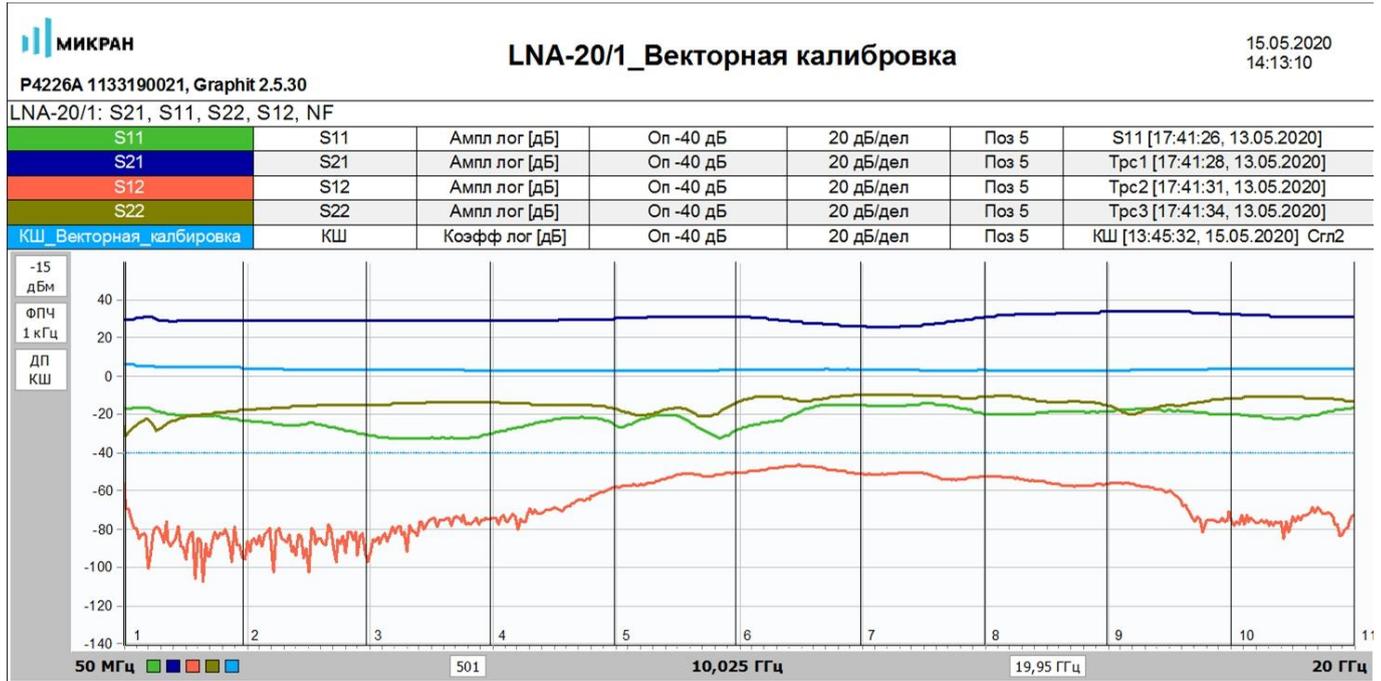


Рис. 9. Настройка параметров калибровки

3. Подключить исследуемое устройство между портами ВАЦ, как изображено на рис 1.
4. Результаты измерения приведены на рис 10 и рис 11.



Маркеры	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Позиция	100,000000 МГц	2,000000 ГГц	3,990000 ГГц	6,000000 ГГц	8,010000 ГГц	9,990000 ГГц	12,000000 ГГц	14,000000 ГГц	16,000000 ГГц
S11	-16,68 дБ (!)	-23,00 дБ (!)	-30,632 дБ (!)	-29,779 дБ (!)	-25,500 дБ (!)	-28,056 дБ (!)	-15,139 дБ (!)	-19,845 дБ (!)	-18,379 дБ (!)
S21	29,91 дБ (!)	29,25 дБ (!)	29,169 дБ (!)	28,988 дБ (!)	30,175 дБ (!)	31,203 дБ (!)	26,191 дБ (!)	30,882 дБ (!)	33,631 дБ (!)
S12	-68,98 дБ (!)	-95,63 дБ (!)	-95,823 дБ (!)	-74,534 дБ (!)	-57,999 дБ (!)	-50,357 дБ (!)	-51,066 дБ (!)	-52,262 дБ (!)	-56,163 дБ (!)
S22	-30,78 дБ (!)	-17,81 дБ (!)	-14,813 дБ (!)	-13,769 дБ (!)	-17,044 дБ (!)	-13,547 дБ (!)	-9,664 дБ (!)	-10,838 дБ (!)	-15,244 дБ (!)
КШ_Векторная_калибровка	5,99 дБ (!)	4,35 дБ (!)	3,483 дБ (!)	2,905 дБ (!)	2,732 дБ (!)	3,194 дБ (!)	3,564 дБ (!)	3,099 дБ (!)	2,861 дБ (!)

Рис. 10. Результаты измерения коэффициента шума, S₁₁, S₂₁, S₁₂, S₂₂ «LNA20/1» со скалярной калибровкой



Маркеры	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Позиция	100,000000 МГц	2,000000 ГГц	3,990000 ГГц	6,000000 ГГц	8,010000 ГГц	9,990000 ГГц	12,000000 ГГц	14,000000 ГГц	16,000000 ГГц
КШ_Скалярная_калибровка	5,99 дБ (!)	4,35 дБ (!)	3,483 дБ (!)	2,905 дБ (!)	2,732 дБ (!)	3,194 дБ (!)	3,564 дБ (!)	3,099 дБ (!)	2,861 дБ (!)
КШ_Векторная_калибровка	5,99 дБ (!)	4,35 дБ (!)	3,483 дБ (!)	2,905 дБ (!)	2,732 дБ (!)	3,194 дБ (!)	3,564 дБ (!)	3,099 дБ (!)	2,861 дБ (!)

Рис. 11. Результаты измерения коэффициента шума «LNA20/1» со скалярной калибровкой

Измерения на зондовой станции

ВАЦ P4226A «Панорама» предоставляет возможность проведения измерений S-параметров, коэффициента шума на зондовой станции со скалярной и векторной калибровкой. Для проведения измерения необходимо:

1. повторить пункты 1-7 указанные в первом примере;
2. выбрать в главном меню Калибровка -> Мастер калибровки. В окне «Параметры калибровки» в поле «Тип калибровки» выбрать пункт «Двухпортовая с измерением КШ (порт 2)». В поле «Характеристика ГШ» задать файл, содержащий таблицу значений ENR (Excess Noise Ratio – избыточный коэффициент шума) используемого генератора шума. Фильтр ПЧ определяет время измерения в каждой точке и уровень шума приёмного тракта шумового приёмника. Значение в поле «Усиление тракта» подобрать исходя из соображений, приведенных в пункте «Усиление тракта шумового приемника». Настройка параметров калибровки изображена на рис 12. Первые 6 пунктов, предложенные мастером калибровки (ГШ, произвольные и известные нагрузки), позволяют сформировать плоскость калибровки КШ в коаксиальном тракте (в том сечении, в котором есть возможность подключить ГШ). Оставшиеся пункты мастера калибровки выполняются уже на зондах, с использованием нагрузок на пластине, тем самым формируется плоскость калибровки S-параметров в сечении зондов, и осуществляется перенос плоскости калибровки КШ в сечение зондов (рис. 13).

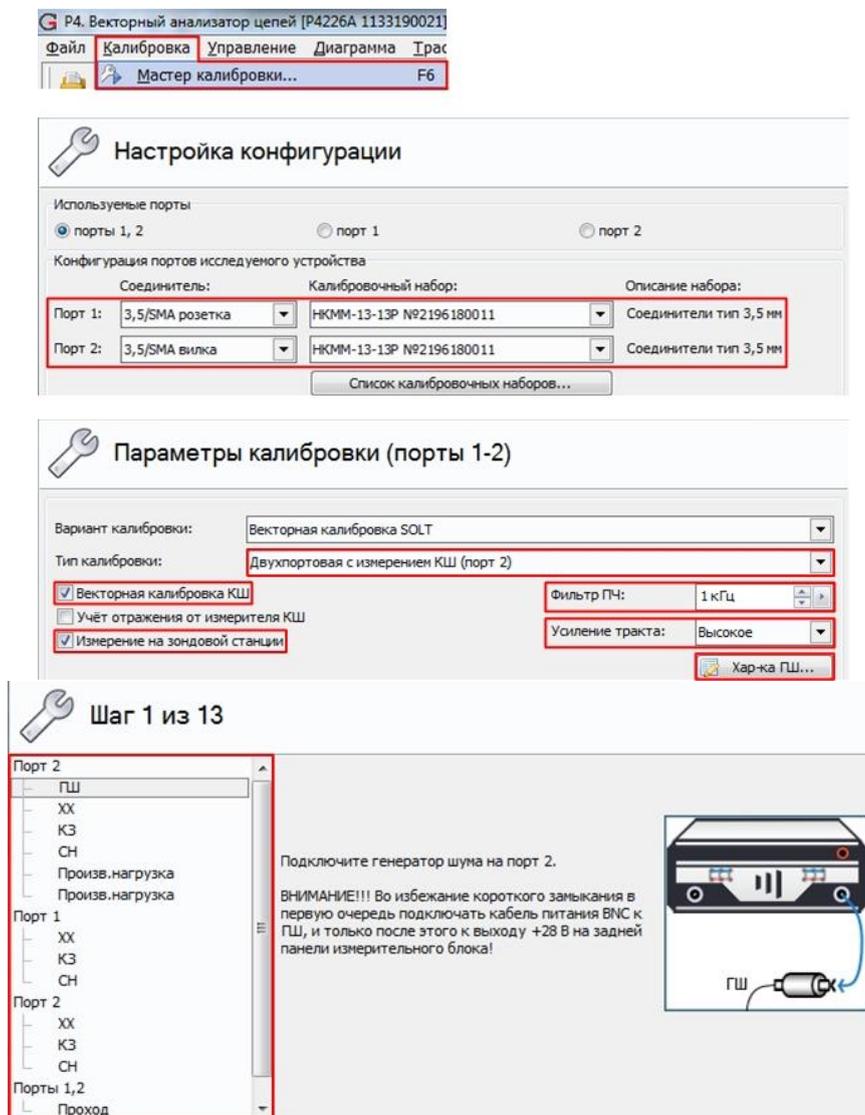


Рис. 12. Настройка мастера калибровки

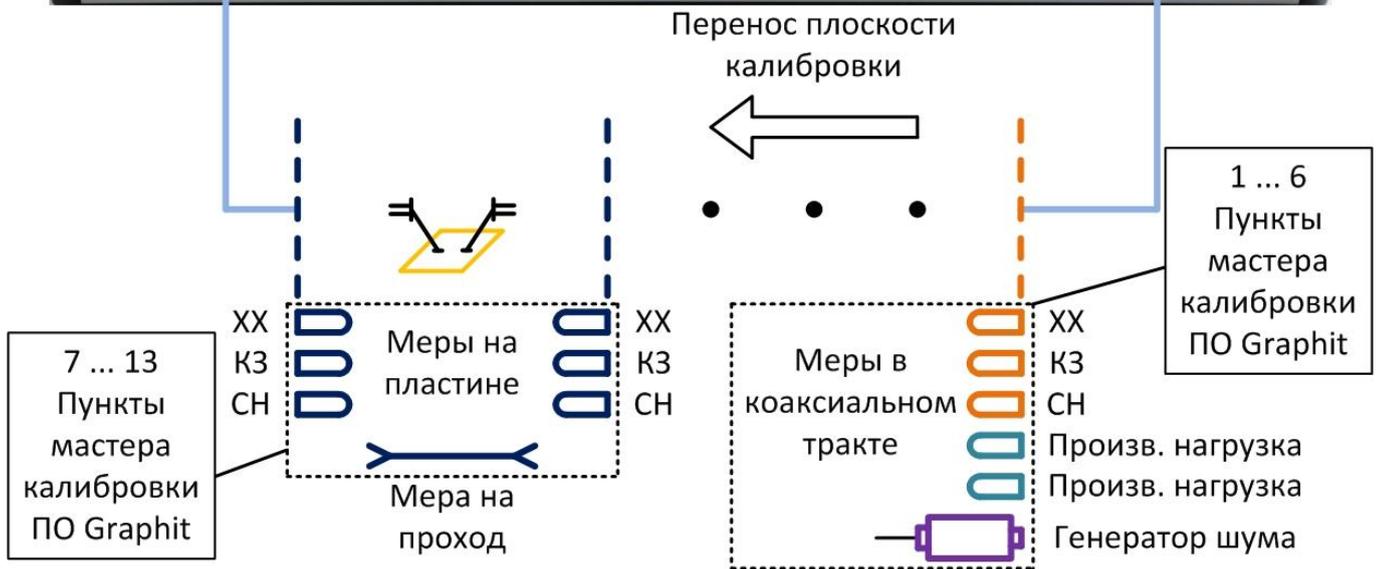


Рис. 13. Схема проведения калибровки на пластине.