ИНСТРУКЦИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ВЕКТОРНЫЕ АНАЛИЗАТОРЫ ЦЕПЕЙ Р4226А «ПАНОРАМА»



ИЗМЕРЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ШУМА СМЕСИТЕЛЕЙ



Измерение коэффициента шума смесителей

Векторный анализатор цепей (ВАЦ) Р4226А «Панорама» позволяет проводить измерение коэффициента шума (КШ) смесителей. Измерение 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 желательно 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 этого 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.

Возможно проведение измерений коэффициента шума смесителя:

— со скалярной калибровкой «SNFc», использующее скалярный коэффициент преобразования мощности SC21;

$$F = \frac{N_{out}}{N_0 \times SC_{21}};$$

с векторной калибровкой «NF», использующее комплексный коэффициент преобразования C21;

$$F = \frac{N_{out}}{N_0 \times |C_{21}|^2}$$

Схемы измерения коэффициента преобразования и коэффициента шума смесителей подобны схемам измерения устройств с преобразованием частоты (рис. 1). Схема для измерения коэффициента шума смесителей со скалярной калибровкой изображена на рис. 1а, с векторной калибровкой на рис. 1б.



Рис. 1а. Схема измерения коэффициента шума смесителей со скалярной калибровкой: 1 – измеряемый смеситель; 2 – генератор, используемый в качестве гетеродина; 3 – фильтр промежуточной частоты; 4 – фильтр сигнала гетеродина; 5 – согласующий аттенюатор.



Рис. 16. Схема измерения коэффициента шума смесителей с векторной калибровкой: 1 – измеряемый смеситель; 2 – генератор, используемый в качестве гетеродина; 3 – фильтр промежуточной частоты; 4 – фильтр сигнала гетеродина; 5 – согласующий аттенюатор; 6 – опорный смеситель; 7 – делитель мощности.

В схеме измерения присутствуют фильтры, подавляющие помехи. Источником помех является внешний генератор (гетеродин) (рис. 2).

ПРИМЕЧАНИЕ Рекомендуем использовать полосовые фильтры для каждого частотного диапазона.



Рис. 2. Помехи при измерении мощности шума смесителя.

Высокая мощность сигнала гетеродина и недостаточная изоляция в смесителе обуславливают мощную помеху, приводящую к насыщению МШУ (малошумящий усилитель) в шумовом приёмнике ВАЦ. Фильтр, подключенный к порту 2, пропускает сигнал ПЧ и подавляет сигнал гетеродина и его гармоники.

Для измерения коэффициента шума, исследуемое устройство подключается ко второму порту ВАЦ.

Реализация измерительного блока ВАЦ «Панорама» с опцией «ИКШ» представлена на рис. 3.



Рис. 3. Реализация измерительного блока ВАЦ «Панорама» с опцией «СЧП».

В ВАЦ предусмотрена возможность управления динамическим диапазоном приёмного тракта шумового приёмника. Аттенюаторы для двух частотных диапазонов 10 МГц ...6 ГГц и 6...26 ГГц выбираются из ряда 0, 14, 30 дБ. Настройка приёмного тракта осуществляется исходя из суммы значений ожидаемого коэффициента усиления (КУ) и ожидаемого коэффициента шума (КШ). Условия выбора приведены в таблице 1.

Таблица 1. Условие выбора ослабления в тракте шумового приёмника

КУ+КШ > 60 дБ		60 дБ > КУ+	КШ > 45 дБ	КУ + КШ	< 45 дБ
Атт. 0-6 ГГц: Атт. 6-26 Г	Гц:	Атт. 0-6 ГГц: А	тт. 6-26 ГГц:	Атт. 0-6 ГГц: А	тт. 6-26 ГГц:
30 дБ 🗘 30 дБ	\$	14 дБ 🗘	14 дБ 🗘	0 дБ 💲	0 дБ 🗘

ПРИМЕЧАНИЕ В режиме измерения КШ, мощность, поступающая на порт 2, не должна превышать –30 дБм. При оценке мощности на порту 2 следует учитывать, что в режиме измерения мощности шума зондирующий сигнал выключается.



При измерении рекомендуется использовать согласующий аттенюатор номинала 3...10 дБ. Для работы с ВАЦ «Панорама» Р4226 используется программное обеспечение «xVNA».

Для проведения измерения коэффициента шума потребуется:

- 1.векторный анализатор цепей Р4226А «Панорама»;
- 2.синтезатор частот Г7М, используемый в качестве генератора сигнала гетеродина;
- З.измеритель мощности PLS26;
- 4.кабельные сборки;
- 5.набор калибровочных мер;
- 6.генератор шума для проведения калибровки.

Измерение коэффициента шума смесителя со скалярной калибровкой

Пример 1.

Проведем измерение коэффициента преобразования и коэффициента шума смесителя «Marki microwave» M20026LA.

Частотный диапазон входного сигнала (RF) = 9...13 ГГц, сигнала гетеродина (LO) = 6...10 ГГц, промежуточной частоты (IF) = 3 ГГц. Ожидаемый коэффициент преобразования -10 дБ, ожидаемый коэффициент шума 10 дБ.

- 1. Подготовьте ВАЦ к работе;
- 2. Запустите программное обеспечение xVNA;
- 3. Подключите к прибору (рис. 4);

		B		÷	۲	528	P	P	Уq
		Ka	л	По	дкл	очит	ься		
S11	S2	1	S	П	одкли	очить	сякг	рибор	ру

Адрес:	ТСР-порт:				IP	компь	ютера: 192.168.9.
4226-1133190021.tetz	8888	Тайм-аут, с: 30	VISA: Не исполь-		зовать	•	Повторить поис
Тип и серийный номер	A	pec	IP-ад	bec	Порт	Испо	ользуется
P4M-18 1102099999 P4M-18 1102170219	r4r r4r	n-18-11020999999.tetz n-18-1102170219.tetz	192.1 192.1	68.8.191 68.8.57	8888 8888	Ceo6	юден 25-kag.localnet.mi.
P4226A 1133190021	r42	26-1133190021.tetz	192.1	68.9.12	8888	Своб	юден
P4213/6 1132190058	r42	213-1132190058.tetz	192.1	68.9.169	8888	Своб	оден
P4226/3 1133180040	r42	226-1133180040.tetz	192.1	68.8.18	8888	iis164	41.localnet.micran

Рис. 4. Подключение к ВАЦ

4. Сбросьте настройки программного обеспечения xVNA по умолчанию, для этого необходимо нажать кнопку

«сброс параметров» 🛄 ;

5. Настройте синхронизацию. Для этого на задней панели ВАЦ Р4226 и синтезатора частот Г7М соедините входы и выходы синхронизации. Соедините выход опорного генератора Г7М и вход опорного генератора ВАЦ (рис. 5);



Рис. 5. Подключение синхронизации ВАЦ и гетеродина

6. Выберите измерительное окно «S – параметры (окно S1)». Задайте параметры измерения. Частотный диапазон 9...13 ГГц, мощность зондирования -10 дБм (рис. 6);

[S₂₁ S₂₂] S-парамет (окно S1)

Параметры	измерений	ြန်္လို измерений
Измеряемых точек:	473 🗘	Преобразования
Частота зондиров	ания ^	Y HACTOTA
Начало:	Конец:	🔨 Импульсные
9000,0 МГц 🗘	13 000,0 МГц 🗘	измерения
Центр:	Полоса:	
11 000,0 МГц 🗘	4 000,0 МГц 🗘	Фильтрация во времен. област
Шаг:	8,474 577 МГц 💲	Дополнительны измерения
Мощность зондир	ования ^	
Начало:	Конец:	Источник зонди
-10,0 дБм 🗘	-10,0 дБм 🗘	Спгнала
War:	0,0 дБ 🗘	Измерительные
Измерение и корр	екция ^	
Фильтр ПЧ:	10,0 кГц 🗘	Ө► Синхронизация
Коррекция: С преоб	разованием 🝷	
🗌 для взаимных уст	ройств	Внешние

Рис. 6. Настройка параметров измерения.

7. Выберите измерительное окно «коэффициент шума». Установить частотный диапазон сканирования для измерения КШ, либо установить флажок «связано с окном S1» (рис. 7).

ПРИМЕЧАНИЕ Рекомендуем проводить измерение коэффициента шума в частотном диапазоне измерения S - параметров. В нашем случае сумма КУ + КШ не превышает 45 дБ, следовательно, необходимости в дополнительном ослаблении сигнала нет.

Фильтр ПЧ определяет время измерения в каждой точке и уровень шума приёмного тракта шумового приёмника;

Коэффициент шума		Параметры		
Параметры из	вмерения		-223	измерения
🗹 связано с окном S1	Копировать с	S1		Преобразование
Измеряемых точек:	473	÷	Ý	частоты
Диапазон частот: 3 000,0 МГц 🗘 ÷	3 000,0 MFL	¢	\odot	Источник зондир. сигнала
Фильтр ПЧ:	0,1 кГц	: \$		
Коррекция: Не калибр	ован ость	•	鸅	Измерительные приемники
Шумовой приемник	:	^	0	
🗐 включить ГШ			Синхронизация	
RF-ослаблен	ние: 0 дБ	÷	0	Внешние
🗹 ручное управление	ослаблением:		\otimes	генераторы
Атт. 0-6 ГГц: Атт. 6-2	6 ГГц: Усилен	ие:		
0 дБ 🗘 0	дБ 📜 15 дБ	\$		
	Коэффициент шума Параметры из Связано с окном S1 Измеряемых точек: Диапазон частот: 3 000,0 МГц ‡ Фильтр ПЧ: Коррекция: Не калибр Номинальная мощно Шумовой приемник Включить ГШ RF-ослаблен Атт. 0-6 ГГц: Атт. 6-2 0 дБ ‡ 0	Коэффициент шума Параметры измерения Связано с окном S1 Копировать с Измеряемых точек: 473 Диапазон частот: 3 000,0 МГц ‡ ÷ 3 000,0 МГц Фильтр ПЧ: 0,1 кГц Коррекция: Не калиброван Номинальная мощность Шумовой приемник В включить ГШ RF-ослабление: 0 дБ У ручное управление ослаблениен: Атт. 0-6 ГГц: Атт. 6-26 ГГц: Усилен 0 дБ ‡ 0 дБ ‡ 15 дБ	Коэффициент шума += Параметры измерения Связано с окном S1 Копировать с S1 Измеряемых точек: 473 Диапазон частот: 3 000,0 МГц \$+ Фильтр ПЧ: 0,1 кГц \$ Фильтр ПЧ: 0,1 кГц \$ Коррекция: Не калиброван • • Номинальная мощность Шумовой приемник © включить ГШ RF-ослабление: 0 дБ \$ 0 дБ \$ 0 дБ \$ 0 дБ \$ 15 дБ \$	Коэффициент шума Коэффициент шума Колировать с S1 Копировать с S1

Рис. 7. Окно измерения коэффициента шума

8. В окне «Внешние генераторы» подключите генератор, используемый в качестве гетеродина. В окне «Синхронизация» настроите синхронизацию ВАЦ и генератора (рис. 8). Установите флажок «Внешняя опора». Используйте для этого генератор серии «Г7М-20» производства компании «Микран». Синхронизация по опорному сигналу ВАЦ и генератора обязательна;

Внешние генераторы +	🦳 Параметры	Синхронизация 🔒 🕫	🦳 Параметры	
💮 Внешние генераторы	ြင့္လို измерений	⊖ Синхронизация	ြင့္လာသိ измерений	
Генератор 1 ^	Преобразование частоты	Выходы синхронизации ^	• Преобразование частоты	
неуправляемый прог. синх.	-	Режим: Не используется	-	
Адрес: g/m-20-10008040.tetz 🗴	Импульсные измерения	Генератор импульсов:	Импульсные измерения	
Аттенюатор: 0 🗘	Фильтрация во	t1= 1,0 мкс \$ t2= 99,0 мкс \$	Фильтрация во	
	Ууст времен. области	Другие каналы	уус времен. ооласти	
Генератор 2 ^	Дополнительные измерения	Входы синхронизации ^	Дополнительные измерения	
Дпрог. синх.	О Источник зондир.	Режим: Не используется 🔹	О Источник зондир.	
Внешняя опорная частота	Сигнала	Источник: Вход по фронту •	сигнала	
Аттенюатор: 0 0	Измерительные приемники		Измерительные приемники	
	О Синхронизация		⊖ Синхронизация	
	Внешние генераторы		Внешние генераторы	

Рис. 8. Подключение генератора и настройка синхронизации

Информация может быть изменена без предварительного уведомления.

9. Во вкладке «Преобразование частоты» установите параметры преобразования частоты (рис. 9). Используемые частотные диапазоны для измерения: RF = 9...13 ГГц, LO = 6...10 ГГц, IF = 3 ГГц. Установите мощность гетеродина 15 дБм. Установите флажки «использ. ген. 1» и «отображать f1»;

S - параметры, окно [S1] 🛛 😐	Параметры
•🚫• Преобразование частоты 🔍	
Частота LO: 🗹 использ. ген. 1	Преобразование
6 000,0 МГц ‡ ÷ 10 000,0 МГц ‡	Y HACTOTA
Мощность LO: 15,0 дБм 🗘 ÷ 15,0 дБм 🗘	Импульсные
11 -11	- manufacture
f2= 0,0 MFu \$+f1*+LO* 1 \$ 1 \$	Фильтрация во времен. области
f2=3000 МГц 🗹 отображать f1	Дополнительные измерения
	Источник зондир. сигнала
	Измерительные приемники
	⊖ Синхронизация
	Внешние генераторы

Рис. 9. Настройка параметров преобразования частоты

В программном обеспечении xVNA, FRF – частота зондирования f1, FIF – частота f2. Измерительные приёмники при измерении с преобразованием частоты перестраиваются на f2.

10. Соберите измерительную схему для измерения коэффициента шума смесителей со скалярной калибровкой (рис .1a). Убедитесь, что схема работает корректно, для этого включите измерительную трассу b2c и убедитесь в наличии мощности в измерительном приёмнике с преобразованием частоты.

11. Калибровка;

11.1. Подключите измеритель мощности к первому порту ВАЦ (рис. 10). В окне «Калибровка» откройте вкладку «Калибровка приёмников». Установите частотный диапазон и мощность сигнала для проведения калибровки (3...13ГГц, -10дБм). Частотный диапазон при калибровке должен включать в себя частоты зондирующего сигнала и промежуточную частоту. Подключите измеритель мощности в программном обеспечении и проведите калибровку мощности при зондировании портом 1;

С С С С С С С С С С С С С С С С С С С
SOLT TRL Преобразование частоты Калибровка приёмников Калибровка источника Диапазон частот: Шаг: Точек: Мощность: Фильтр ПЧ: 3 000,0 МГц 13 000,0 МГц 25,063 МГц 400 Список частот -10,0 дБ 1,0 кГц 1,0 кГц <td< th=""></td<>
6 Копировать параметры из измерительнных окон: S1 P Compr IM
Эталонный измеритель мощности Подключен PLS26 Подключен PLS26 Мощность при зондировании портом 1 мощность при зондировании портом 2

Рис. 10. Подключение измерителя мощности PLS26 к ВАЦ. Калибровка мощности при зондировании портом 1

11.2. Соедините порты ВАЦ между собой. Во вкладке «Калибровка приёмников» проведите калибровку приёмника b2 относительно PLS26 (рис. 11);



Рис. 11. Калибровка приёмника b2 относительно PLS26

11.3. Во вкладке «Калибровка источника» установите частотный диапазон и мощность сигнала для проведения калибровки (3...13 ГГц, -10 дБм). Частотный диапазон при калибровке должен включать в себя частоты зондирующего сигнала и промежуточную частоту. Проведите регистрацию источника (порт 1 – рис. 12);



Рис. 12. Регистрация источника первого порта

11.4. Чтобы учесть потери в фильтре промежуточной частоты необходимо перенести плоскость калибровки к выходу IF измеряемого смесителя. Для этого снять флажок «калибровка приёмника b2». Соедините порты ВАЦ через используемый фильтр (рис. 13). Провести калибровку приёмника b2 повторно;



Диапазон частот:	Шar:	Точек:	Мощность: Фильтр ПЧ:
3 000,0 MFu 🌲 13 000,0 MFu	25,063 MFu	🗘 400 🗘 🗌 список час	тот -10,0 дБ 🗘 1,0 кГц 🔅
Копировать параметры из изме	рительнных окон:	S1 P Compr	IM
Эталонный измеритель мощн	ости		
🖘 Подключен PLS	26	💮 Параметры измери	ителя мощности
мощность при зондировани	ы портом 1	🔲 мощность при зонди	ровании портом 2
Приёмники ВАЦ			
alf относительно источния	ка - 10 дБм 🎯	а2г относительно ис	точника -10 дБм 🎯
🔲 b1f 🗘 относительно исто	чника -10 дБм 🎯	🕑 b2 🗘 калиброван	Проверить
b1f - изм. мощности отражи	ения от другой мер	b b2r - изм. мощности	отражения от другой меры
использо	вать пля калибоов		

Van Gaanus anui

Van Kanafa

Рис. 13. Подключение фильтра к ВАЦ для калибровки.

11.5. Подключите генератор шума (ГШ) ко второму порту ВАЦ (рис. 14). Во вкладке «Измерение шума» загрузите характеристику ГШ. После чего проведите калибровку, установив флажок «Pon, off»;

	0	Измерение шума	1 ^
(University)		Скалярная кали	бровка
		Pon	Характеристика ПШ:
	9-8-8 <u>6-8-</u> 8	Poff	TШ26.ngd
	666 <u>6</u>	🔲 отражение от I	иШХ
		Векторная калиб	ровка
6 A1224			🔲 меры эл. калиб-ра (0/0)
		Меры импеданса:	1 2 3 4 5 6

Питание ГШ на задней панели ВАЦ

Рис. 14. Подключение генератора шума ко второму порту ВАЦ, через фильтр. Калибровка ВАЦ для измерения коэффициента шума.

12. Соберите измерительную схему для измерения коэффициента шума смесителя (рис. 1а);

13. В измерительном окне «коэффициент шума», включите измерительную трассу для коэффициента шума с преобразованием SNFc;

r

14. При необходимости отображения коэффициента преобразования, коэффициента шума, S-параметров на одной диаграмме, необходимо в окне измерения S-параметров создать необходимые измерительные трассы (рис. 15);

Копия трассы	Выбрать все	Очистить	все
S11	✓ s11	s12	
512	✓ s21	s 22	
S22	s31		
NF			
b ir			
b2f			
b2c			
G SC21			
SNFc			

Рис. 15. Создание измерительных трасс для коэффициента шума и коэффициента преобразования

15. Результаты измерения изображены на рис. 16.



Рис. 16. Результаты измерения коэффициента преобразования и коэффициента шума смесителя «Marki microwave» M20026LA

Измерение коэффициента шума смесителя с векторной калибровкой

Пример 2.

Проведем измерение коэффициента преобразования и коэффициента шума смесителя «Marki microwave» M20026LA с векторной калибровкой C21. Частотный диапазон входного сигнала (RF) = 9...13 ГГц, сигнала гетеродина (LO) = 6...10 ГГц, промежуточной частоты (IF) = 3 ГГц. Ожидаемый коэффициент преобразования -10 дБ, ожидаемый коэффициента шума 10 дБ.

- 1. Подготовьте ВАЦ к работе;
- 2. Запустите программное обеспечение xVNA;
- 3. Осуществите подключение к прибору (рис. 17);

	2		-	30	۲	527	P¥.	P	Уq
П Кал		По	Подключиться						
S11		521	s	п	одкли	очить	сякг	рибор	by

Адрес:	ТСР-порт:			IP	компьютера: 192.168.9.
4226-1133190021.tetz	8888	Тайм-аут, с: 30	VISA: Не исполь	зовать	 Повторить поис
Тип и серийный номер	Ад	bec	IP-адрес	Порт	Используется
P4M-18 1102099999 P4M-18 1102170219	r4m	-18-11020999999.tetz -18-1102170219.tetz	192.168.8.191 192.168.8.57	8888 8888	Свободен IIS-k25-kag.localnet.mi.
P4226A 1133190021	r42	26-1133190021.tetz	192.168.9.12	8888	Свободен
P4213/6 1132190058 P4226/3 1133180040	r42 r42	13-1132190058.tetz 26-1133180040.tetz	192.168.9.169 192.168.8.18	8888 8888	Свободен iis1641.Jocalnet.micran
1 Over	Descent				Records and a

Рис. 17. Подключение к ВАЦ

4. Сбросьте настройки программного обеспечения xVNA по умолчанию, для этого нажмите кнопку «сброс параметров»

 Настройте синхронизацию. Для этого на задней панели ВАЦ Р4226 и синтезатора частот Г7М соедините входы и выходы синхронизации. Соедините выход опорного генератора Г7М и вход опорного генератора ВАЦ (рис. 18);



Рис. 18. Подключение синхронизации ВАЦ и гетеродина

6. Выберите измерительное окно «S – параметры (окно S1)». Задайте параметры измерения. Частотный диапазон 9...13 ГГц, мощность зондирования -10 дБм (рис. 19);

S - параметры, окн	io [S1] +=	🖳 Параметры
Параметры	измерений 🔍	ြင်္သိ измерений
Измеряемых точек:	473 🛟	Преобразование
Частота зондиров	вания ^	•
Начало:	Конец:	🔨 Импульсные
9000,0 МГц 🗘	13 000,0 МГц 🗘	🖵 измерения
Центр:	Полоса:	-
11 000,0 МГц 🗘	4 000,0 МГц 🗘	Фильтрация во времен. области
Шar:	8,474 577 МГц 🛟	
🗹 Список част	гот	Дополнительные измерения
Мощность зонди	рования ^	
Начало:	Конец:	Источник зондир.
-10,0 дБм 🗘	-10,0 дБм 🗘	Chi haha
War:	0,0 дБ 🗘	Измерительные
Измерение и кор	рекция ^	
Фильтр ПЧ:	10,0 кГц 🛟	Ө► Синхронизация
Коррекция: С прео	бразованием 🔹	
Для взаимных ус Коррекция источник	тройств ка, порты: 🗹 1 🗔 2	Внешние генераторы

Рис. 19. Настройка параметров измерения

S-пар (ок)- 7. Выберите измерительное окно «коэффициент шума». Установите частотный диапазон сканирования для измерения КШ, либо установите флажок «связано с окном S1» (рис. 20).

ПРИМЕЧАНИЕ Рекомендуем проводить измерение коэффициента шума в частотном диапазоне измерения S - параметров. В нашем случае сумма КУ + КШ не превышает 45 дБ, следовательно, необходимости в дополнительном ослаблении сигнала нет.

Фильтр ПЧ определяет время измерения в каждой точке и уровень шума приёмного тракта шумового приёмника;

🗹 связано с окном S1	Копировать с S1	\otimes	Преобразование частоты
Измеряемых точек: Диапазон частот:	501 (-	
3 000,0 МГц 🗘 ÷	3 000,0 МГц 🔅		Источник зонди сигнала
Фильтр ПЧ:	0,1 кГц		
Коррекция: Не кали номинальная мощи	брован •	碧	Измерительные приемники
Шумовой приемни	к ^	G	Синхронизация
📃 включить ГШ			
RF-ослабл	ение: 0 дБ 📮		Внешние
ручное управлени	е ослаблением:		генераторы
Атт. 0-6 ГГц: Атт. 6-	26 ГГц: Усиление		
0 дБ 💭	одБ џ∥ 15дБ Ҭ		
Тюнер импеданса	~		

Рис. 20. Окно измерения коэффициента шума



8. В окне «Внешние генераторы» подключите генератор, используемый в качестве гетеродина. В окне «Синхронизация» настройте синхронизацию ВАЦ и генератора (рис. 21). Установите флажок «внешняя опора». Используем генератор серии «Г7М-20». Синхронизация по опорному сигналу ВАЦ и генератора для измерения устройств с преобразованием частоты обязательна;

Внешние генераторы +2 Внешние генераторы	Параметры камерений	Синхронизация 🧃 🕫	Параметры
Генератор 1 ^	Преобразование частоты	Выходы синхронизации	Кореобразование частоты
Адрес: g7m-20-10008040.tetz 🗶 Внешняя опорная частота	Импульсные измерения	Алительность: <u>10</u> инв. Генератор импульсов:	Импульсные измерения
Аттенюатор: 0 🗘	Фильтрация во времен. области	t1= 1,0 мкс \$ t2= 99,0 мкс \$ Режим запуска импульсов: Undef •	Фильтрация во времен. области
Генератор 2 л	Дополнительные измерения	Другие каналы Входы синхронизации ^	Дополнительные измерения
Адрес: Х	Источник зондир. сигнала	Режим: Не используется • Источник: Вход по фронту •	Источник зондир. сигнала
Аттенюатор: 0 🗘	Измерительные приемники		Измерительные приемники
	🕞 Синхронизация		⊖ Синхронизация
	Внешние генераторы		Внешние генераторы

Рис. 21. Подключение генератора и настройка синхронизации

9. Во вкладке «Преобразование частоты» установите параметры преобразования частоты (рис. 22). Используемые частотные диапазоны для измерения: RF = 9...13 ГГц, LO = 6...10 ГГц, IF = 3 ГГц. Установите мощность гетеродина 15 дБм. Установите флажки «использ. ген. 1» и «отображать f1»;

S - параметры, окно [S1] 😐	Параметры
🛞 Преобразование частоты 🍕	
Частота LO: 🗹 использ. ген. 1	• Преобразование частоты
6 000,0 MFu = + 10 000,0 MFu =	
мощность LO: 15,0 дБм 🗘 ÷ 15,0 дБм 🗘	Импульсные измерения
1 0 -1 0	
f2= 0,0 MFu \$+f1*+LO* 1 \$1 1	Фильтрация во времен. области
f2=3000 МГц 🗹 отображать f1	Дополнительные измерения
	Источник зондир. сигнала
	Измерительные приемники
	⊖ Синхронизация
	Внешние генераторы

Рис. 22. Настройка параметров преобразования частоты

Информация может быть изменена без предварительного уведомления.

10. Соберите измерительную схему для измерения коэффициента шума смесителей с векторной калибровкой (рис. 16). Удостоверьтесь, что схема работает корректно. Для этого включите измерительную трассу b2с и a1c, убедитесь в наличии мощности в опорном и измерительном приёмниках с преобразованием частоты.

- 11. Калибровка;
- 11.1 Во вкладке «Преобразование частоты» выполните калибровку первого порта на отражение.
- 11.2 Подключите поочередно нагрузки XX, K3, CH в сечении RF входа смесителя (рис. 23);



Рис. 23. Калибровка первого порта по отражению

11.3 Во вкладке «Преобразование частоты» выполните калибровку второго порта на отражение. Подключите поочередно нагрузки XX, K3, CH в сечении IF выхода смесителя (рис. 24);



Рис. 24. Калибровка второго порта по отражению

11.4 Соедините порты ВАЦ на проход с помощью меры и во вкладке «Преобразование частоты» проведите калибровку (рис. 25);



Рис. 25. Калибровка ВАЦ на проход

11.5 Подключите генератор шума (ГШ) ко второму порту ВАЦ (рис. 26). Во вкладке «Измерение шума» загрузите характеристику ГШ. После чего проведите калибровку, установив флажок «Pon, off»;



Скалярная кал	ибровка
Pon Pon	Характеристика ПШ:
Poff	ГШ26.ngd
Вектопная кал	боляка
	upped an variations (0/0)
	🔲 меры эл. калиб-ра (0/0)

Рис. 26. Калибровка ВАЦ с помощью ГШ

11.6 Соберите схему для калибровки S – параметров с преобразованием частоты (рис. 27). Поочередно подключите нагрузки XX, K3, CH на IF выход смесителя через используемый фильтр ПЧ, во вкладке «преобразование частоты» проведите калибровку;



Рис. 27. Измерительная схема для калибровки S – параметров с преобразованием частоты

11.7 Подключите выход смесителя IF ко второму порту ВАЦ. Во вкладке «преобразование частоты» проведите калибровку «на проход с преобразованием частоты» (рис. 28);



Информация может быть изменена без предварительного уведомления.

Рис. 28. Калибровка «на проход с преобразованием частоты»

11.8 Плоскость калибровки на данном этапе находится на RF входе смесителя и на выходе используемого фильтра ПЧ. Необходимо перенести плоскость калибровки к выходу IF смесителя. Для переноса плоскости калибровки в окне «Калибровка» - > «Параметры измерений» установите флажок «перенос плоскостей калибровок» (рис. 29). Поочередно подключите нагрузки XX, K3, CH ко второму порту через используемый фильтр ПЧ;

0	Параметры измерений	~
Marine Annotation Annotation	Прогрев: 2 с ♀ Задержка: 2 с Усреднение: 1 ♀ □ измерение S31,	C31
	Усреднение: 1 - измерение S31, Встроеные аттенкоаторы Порт 1 Порт 2 По выходу: 0 дБ • 0 дБ • По входу: 0 дБ • 0 дБ • перенос плоскостей калибровок SOLT TRL Преобразование частоты Калиб Шаг 1 - SOLT на частотах f1 и f2 XX (p) K3 (p) Coгласованная 1(p) Coгласованная 2(p)	С31 еняться ровка приёнников Калибровка источника Шаг 2 - характеризация меры на проход Порт 1-> >
	отсутствует отсутствует отсутствует отсутствует на проход (Переход (р-р)) на проход в приённик "а2"	Согласованная 1(в) Согласованная 2(в) отсутствует отсутствует

Рис. 29. Настройка переноса плоскости калибровки. Перенос плоскости калибровки на IF выход смесителя

12. Соберите измерительную схему, изображенную на рис. 16;

13. В измерительном окне «коэффициент шума», включите необходимую измерительную трассу NF;

14. Если необходимо отображать коэффициент преобразования C21, S – параметры, коэффициент шума NF на одной диаграмме, то на диаграмме измерения S – параметров создайте соответствующие измерительные трассы (рис. 30);

Копия трассы	Выбрать все	Очистить все
S11		o sicility dec
S21	S11	s12
S12	s21	s22
S22		
C21	s31	
NF NF		
b Ir		
b2f		
b2c		
G		
GC		
SNFc SNFc		
GC GC SNFC		

Рис 30. Создание измерительных трасс



15. Результаты измерения представлены на рис. 31.

Рис 31. Результаты измерения коэффициента шума смесителя с векторной калибровкой.

Проведение измерения коэффициента шума смесителя со скалярной калибровкой с двойным преобразованием

Пример 3.

Проведем измерение коэффициента преобразования и коэффициента шума смесителей «Marki microwave» M20026LA (первое преобразование) и «Marki microwave» M10220LP (второе преобразование) со скалярной калибровкой. Схема для измерения представлена на рис. 30а. Частотный диапазон входного сигнала (RF) = 12...12,2 ГГц, сигнала первого гетеродина (LO1 – = 17,02...17,22 ГГц, сигнала второго гетеродина (LO2 – = 4,3 ГГц, промежуточной частоты (IF) = 720 МГц. Частотный план изображен на рис. 32.



Рис. 32. Частотный план для измерения коэффициента шума с двойным преобразованием частоты со скалярной калибровкой



Рис. 33 а. Схема для измерения коэффициента преобразования и коэффициента шума

с двойным преобразованием со скалярной калибровкой:

1 – ВАЦ «Панорама»; 2 – генератор, используемый в качестве первого гетеродина; 3 – генератор, используемый в качестве первого гетеродина; 4 – согласующий аттенюатор; 5 – первый измеряемый смеситель; 6 – второй измеряемый смеситель; 7 – фильтр первого гетеродина; 8 – фильтр второго гетеродина; 9) фильтр промежуточной частоты.



Рис. 33 б. Схема для измерения коэффициента преобразования и коэффициента шума с двойным преобразованием с векторной калибровкой C21:

1 – ВАЦ «Панорама»; 2 – генератор, используемый в качестве первого гетеродина; 3 – генератор, используемый в качестве первого гетеродина; 4 – согласующий аттенюатор; 5 – делатель мощности; 6 – делатель мощности; 7 – опорный смеситель для первого преобразования; 8 – опорный смеситель для второго преобразования; 9 – фильтр первого гетеродина; 10 – фильтр второго гетеродина; 11 – первый измеряемый смеситель; 12 – второй измеряемый смеситель; 13 – фильтр промежуточной частоты.

- 1. Подготовьте ВАЦ к работе;
- 2. Запустите программное обеспечение xVNA;
- 3. Осуществите подключение к прибору (рис. 34);

дрес:	TCP-nopt:			IP	компь	ютера: 192.168.9.2
4226-1133190021.tetz	8888	Тайм-аут, с: 30	VISA: Не исполь	зовать	•	Повторить поиск
Тип и серийный номер	Ад	bec	IP-адрес	Порт	Испо	ользуется
P4M-18 1102099999 P4M-18 1102170219	r4m r4m	-18-11020999999.tetz -18-1102170219.tetz	192.168.8.191 192.168.8.57	8888 8888	Ceot IIS-k	боден 25-kag.localnet.mi
P4226A 1133190021	r42	26-1133190021.tetz	192.168.9.12	8888	Своб	боден
P4213/6 1132190058 P4226/3 1133180040	r42 r42	13-1132190058.tetz 26-1133180040.tetz	192.168.9.169 192.168.8.18	8888 8888	CBO iis16	боден 41.localnet.micran

Рис. 34. Подключение к ВАЦ

4. Сбросьте настройки программного обеспечения xVNA до заводских для этого нажать кнопку «сброс параметров» ;

5. Настройте синхронизацию. Для этого на задней панели ВАЦ 4226 и синтезатора частот Г7М соедините входы и выходы синхронизации. Соедините выход опорного генератора Г7М и вход опорного генератора ВАЦ. Выход опорного генератора ВАЦ соедините с входом опорного генератора, используемого в качестве второго гетеродина (рис. 35);



Рис. 35. Подключение синхронизации ВАЦ и генераторов, используемых в качестве первого и второго гетеродина

6. Выберите измерительное окно «S – параметры (окно S1)». Задать параметры измерения. Частотный диапазон 12...12,2 ГГц (рис. 36).

S-параметр (окно S1)

S - параметры, окн	измерений 🔬	Параметры измерений
чыч Измеряемых точек:	473 🛟	Преобразован
Частота зондиров	ания ^	Частоты
Начало:	Конец:	🔨 Импульсные
12 000,0 МГц 🗘	12 200,0 МГц 🗘	🗸 измерения
Центр:	Полоса:	
12 100,0 МГц 🛟	200,0 МГц 🗘	Фильтрация в
Шаг:	0,423 729 МГц 🛟	
Список част	DT	Дополнительн
Мощность зондир	ования ^	
Начало:	Конец:	О Источник зонд
-5,0 дБм 🗘	-5,0 дБм 🗘	Онгнала
Шar:	0,0 дБ 🗘	3
Измерение и корр	екция ^	З приемники
Фильтр ПЧ:	10,0 кГц 🗘	🕞 Синхронизация
Коррекция: Не кали	брован 🔹	
🗌 для взаимных уст	ройств	Внешние
		генераторы

Рис. 36. Настройка параметров измерения

7. Выберите измерительное окно «коэффициент шума». Установите частотный диапазон сканирования для измерения КШ, либо установите флажок «связано с окном S1» (рис. 37).

ПРИМЕЧАНИЕ Рекомендуем проводить измерение коэффициента шума в частотном диапазоне измерения S - параметров. В нашем случае сумма КУ + КШ не превышает 45 дБ, следовательно, необходимости в дополнительном ослаблении сигнала нет.

Фильтр ПЧ определяет время измерения в каждой точке и уровень шума приёмного тракта шумового приёмника;

🗹 связано с окно	ом S1 Копировать с S1	1 . Преобразование
Измеряемых точе	ек: 473 (Частоты
720,0 МГц	: ‡}÷ 720,0 МГц (Источник зондир
Фильтр ПЧ:	0,1 кГц	
Коррекция: Не номинальная	калиброван •	Измерительные приемники
Шумовой прие	емник ^	
📃 включить ГШ		Ор спихронизация
RF-oc	пабление: 0 дБ 🗘	Внешние
🗌 ручное управ	ление ослаблением:	генераторы
ATT 0-6 FFU: AT	т 6-26 ГГи: Усиление	

Рис. 37. Окно измерения коэффициента шума

8. В окне «Внешние генераторы» подключите генератор, используемый в качестве первого гетеродина. В окне «Синхронизация» настройте синхронизацию ВАЦ и генератора (рис. 38). Установите флажок «внешняя опора». Используем генератор серии «Г7М-20» производства компании «Микран». Синхронизация по опорному сигналу ВАЦ и генератора обязательна;

Внешние генераторы →	Параметры	Синхронизация 🧃 🗢 Ф Синхронизация	Параметры камерений
Генератор 1 ^	Преобразование частоты	Выходы синхронизации	Кореобразование частоты
Адрес: g7m-20-10008040.tetz × Внешняя опорная частота	Импульсные измерения	Длительность: 10 С инв. Генератор импульсов:	Импульсные измерения
Аттенюатор: 0 🗘	Фильтрация во времен. области	t1= 1,0 мкс \$ t2= 99,0 мкс \$ Режим запуска импульсов: Undef •	Фильтрация во времен. области
Генератор 2 ^	Дополнительные измерения	другие каналы Входы синхронизации ^	Дополнительные измерения
Адрес: Х	Источник зондир. сигнала	Режим: Не используется • Источник: Вход по фронту •	Источник зондир. сигнала
Аттенюатор: 0 🗘	Измерительные приемники		Измерительные приемники
	🕞 Синхронизация		🗇 Синхронизация
	Внешние генераторы		Внешние генераторы

Рис. 38. Подключение генератора и настройка синхронизации

Информация может быть изменена без предварительного уведомления.

9. Настройте частотный диапазон для генератора, используемого в качестве второго гетеродина (рис. 39). Частота LO2 = 4,3 ГГц, PLO2 = 15 дБм. Используем генератор серии «Г7М-50» производства компании «Микран». Синхронизация по опорному сигналу ВАЦ и генератора обязательна;



Рис. 39. Настройка частотного диапазона и синхронизации второго генератора

Во вкладке «Преобразование частоты» установите параметры преобразования частоты (рис. 40). Используемые частотные диапазоны для измерения: **RF** = 12...12,2 ГГц, **LO**₁ = 17,02...17,22 ГГц, **LO**₂ = 4,3ГГц, **IF** = 720 МГц. Устанавливаем флажки «использ. ген. 1» и «отображать f1». Значение частоты генератора, используемого в качестве второго гетеродина, задается как сдвиг по частоте;

S - параметры, окно [S1] +	Параметры
🔆 Преобразование частоты ዿ	~
Частота LO: 🗹 использ. ген. 1	Преобразование
17 020,0 МГц 🗘 ÷ 17 220,0 МГц 🗘	Ф частоты
Мощность LO:	
15,0 дБм 🗘 ÷ 15,0 дБм 🗘	измерения
-1 1 1 1	
f2= -4300,0 МГц 🗘 + f1*+LO*	Фильтрация во
1 ‡ 1 ‡	Уус времен. области
f2=720 МГц 🗹 отображать f1	Дополнительные измерения
	. Источник зондир. сигнала
	Измерительные приемники
	⊖ Синхронизация
	💮 Внешние генераторы

Рис. 40. Настройка параметров преобразования частоты

11. Соберите измерительную схему (рис. 33а). Убедитесь, что схема работает корректно, для этого включите измерительную трассу b2c и убедитесь в наличии мощности в измерительном приёмнике с преобразованием частоты.

12. Калибровка;

12.1 Подключите измеритель мощности к первому порту ВАЦ (рис. 41). В окне «Калибровка» откройте вкладку «Калибровка приёмников». Установите частотный диапазон и мощность сигнала для проведения калибровки (720МГц...12,2ГГц, -10 дБм). Частотный диапазон при калибровке должен включать в себя частоты зондирующего сигнала и промежуточную частоту. Подключите измеритель мощности в программном обеспечении и проведите калибровку мощности при зондировании портом 1;



Рис. 41. Подключение измерителя мощности PLS26 и ВАЦ. Калибровка мощности при зондировании портом 1

12.2 Соедините порты ВАЦ между собой. Во вкладке «Калибровка приёмников» проведите калибровку приёмника b2 относительно PLS26 (рис. 42);



Рис. 42. Калибровка приёмника b2 относительно PLS26

12.3 Во вкладке «Калибровка источника» установите частотный диапазон и мощность для проведения калибровки (720МГЦ...12,2ГГц, -10 дБм). Частотный диапазон при калибровке должен включать в себя частоты зондирующего сигнала и промежуточную частоту. Проведите регистрацию источника (порт 1), (рис. 43).



Рис. 43. Регистрация источника первого порта

12.4 Чтобы учесть потери в фильтре промежуточной частоты необходимо перенести плоскость калибровки к выходу IF смесителя. Для этого снять флажок «калибровка приёмника b2». Соедините порты ВАЦ через используемый фильтр (рис. 44). **Проведите калибровку приёмника b2 повторно;**



Рис. 44. Подключение фильтра к ВАЦ для проведения калибровки

12.5 Подключите генератор шума (ГШ) ко второму порту ВАЦ (рис. 45). Во вкладке «Измерение шума» загрузите характеристику ГШ. После чего проведите калибровку, установив флажок «Pon, off»;



Рис. 45. Подключение генератора шума ко второму порту ВАЦ через фильтр. Калибровка ВАЦ для измерения коэффициента шума.

13. Соберите измерительную схему для измерения коэффициента шума с двойным преобразованием частоты со скалярной калибровкой, рис 33а;

14. Выберите окно измерения коэффициента шума, включите измерительную трассу для коэффициента шума с преобразованием SNFc;



15. При необходимости отображения коэффициента преобразования, коэффициента шума, S – параметров на одной диаграмме необходимо в окне измерения S – параметров создайте необходимые измерительные трассы (рис. 46);

Копия трассы	Выбрать все	Ou	истить все
S11	√ s11	s 12	
S12	1 -21		
S22	¥ \$21	\$22	
C21	s 31		
NF NF			
b1r			
b2f			
b2c			
G			
V SC21			
SNFc			

Рис. 46. Создание измерительных трасс для коэффициента шума и коэффициента преобразования

16. Результаты измерения изображены на рис. 47.



Рис. 47. Результаты измерения коэффициента преобразования и коэффициента шума с двойным преобразованием