

ИНСТРУКЦИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ВЕКТОРНЫЕ АНАЛИЗАТОРЫ ЦЕПЕЙ P4226/P4213 «ПАНОРАМА»



ИЗМЕРЕНИЕ ЧАСТОТНО-ПРЕОБРАЗУЮЩИХ УСТРОЙСТВ



Измерение частотно-преобразующих устройств

Программное обеспечение векторного анализатора цепей (ВАЦ) серии P4213 \ P4226 «Панорама» предоставляет пользователю возможность проводить такие измерения как:

- измерение умножителей частоты (требуется опция «СЧП»);
- измерение смесителей со скалярной калибровкой (требуется опция «СЧП»);
- измерение смесителей с векторной калибровкой (требуется опция «СПА»).

При измерении частотно-преобразующих устройств исследуемое устройство должно подключаться выходом ко второму порту ВАЦ.

Опция «СЧП» – смещение частоты приёмника, позволяет проводить измерение скалярного коэффициента преобразования SC_{21} , мощности на частотах, отличных от частоты зондирования. Возможность отдельного управления частотой зондирования и частотой приёмника, позволяет проводить измерения смесителей со скалярной калибровкой, умножителей частоты, анализировать уровень гармоник исследуемых устройств.

Опция «СПА» – переключатель опорного канала, совместно с опцией «ДПА» (прямой доступ к приёмникам), позволяет проводить измерения комплексного коэффициента преобразования C_{21} , и комплексных коэффициентов отражения от исследуемых устройств.

Ниже приведены параметры, которые позволяет измерять ВАЦ «Панорама»:

- $S_{11}(f_1)$ – комплексный коэффициент отражения на частоте зондирования f_1 при зондировании портом 1 на частоте f_1 ;
- $S_{21}(f_1)$ – комплексный коэффициент передачи на частоте зондирования f_1 при зондировании портом 1 на частоте f_1 ;
- $S_{12}(f_2)$ – комплексный коэффициент передачи на частоте зондирования f_2 при зондировании портом 2 на частоте f_2 ;
- $S_{22}(f_2)$ – комплексный коэффициент отражения на частоте зондирования f_2 при зондировании портом 2 на частоте f_2 ;
- $b2c(f_2)$ – мощность измерительного приёмника второго порта, измеренная на частоте f_2 при зондировании портом 1 на частоте f_1 ;
- SC_{21} – скалярный коэффициент преобразования, вычисляется как отношение $b2c(f_2)$ к мощности, поступающей на исследуемое устройство на частоте f_1 ;
- C_{21} – комплексный коэффициент преобразования (необходимо проведение векторной калибровки, наличие опции «СПА»);
- $ГВЗ$ – групповое время запаздывания (необходимо проведение векторной калибровки).

Измерение умножителей частоты

Умножитель частоты – устройство, в котором на вход подается сигнал с частотой f_1 , а на выходе формируется сигнал с частотой $f_2 = N \cdot f_1$, где N – это целое число.

Схемы измерения умножителей частоты

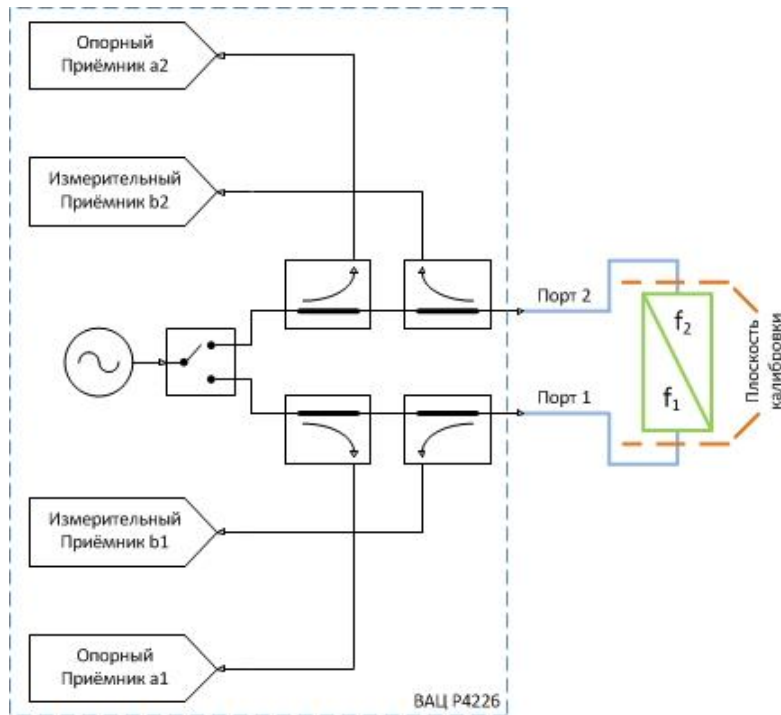


Рис. 1а. Схема измерения умножителей частоты с помощью ВАЦ «Панорама»

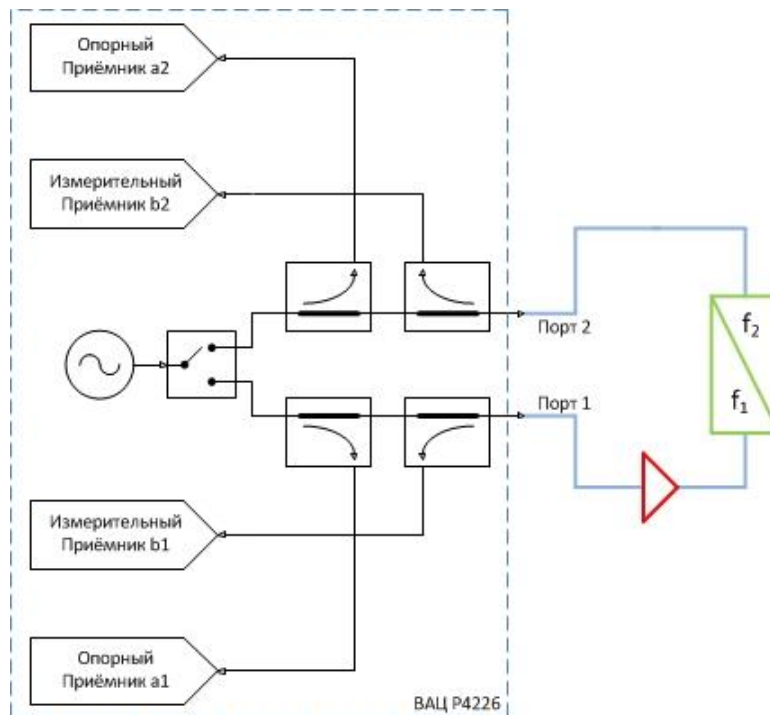


Рис. 1б. Схема измерения умножителей частоты с дополнительным усилением зондирующего сигнала

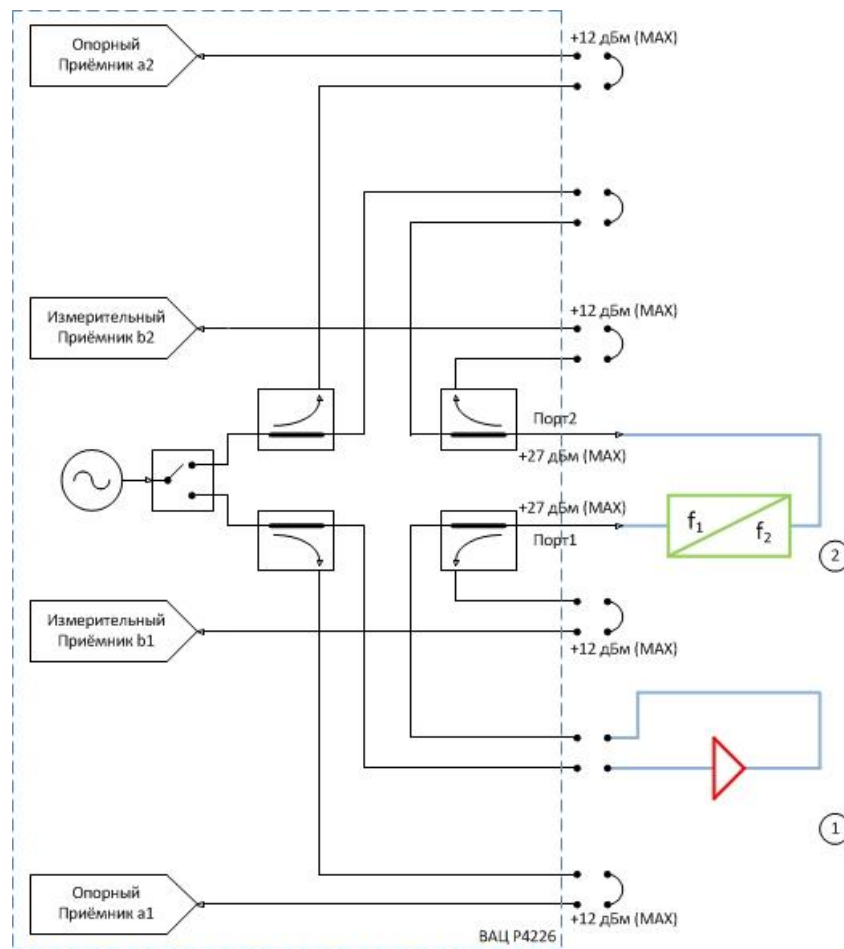


Рис. 1в. Схема измерения умножителей частоты с дополнительным усилением/ослаблением сигнала с возможностью измерения коэффициентов отражения:
1 – усилитель; 2 – умножитель частоты.

Параметры, которые схемы позволяют измерить: SC_{21} ; b_{2c} ; S_{11} (для схем на рис. 1а и 1в); S_{22} ; коэффициент преобразования на 1, 2, 3...N гармониках зондирующего сигнала.

Устройства и опции, необходимые для проведения измерения: ВАЦ «Панорама» с опцией «СЧП» (с опцией «ДПА» для схемы, рис. 1в); измеритель мощности; набор калибровочных мер или электронный калибратор; кабельные сборки.

Калибровки, необходимые для проведения измерения: две однопортовые калибровки S-параметров; калибровка выходной мощности первого порта; калибровка приёмника второго порта, если измеряемое устройство не подключено напрямую к порту.

Схема на рис. 1б не позволяет измерить коэффициент отражения S_{11} так как в схеме используется усилитель, который значительно ослабляет сигнал, отраженный от входного порта умножителя за счет развязки.

Опция «ДПА» предоставляет пользователю прямой доступ к СВЧ-входам приемников и СВЧ-выходам генератора.

ПРИМЕЧАНИЕ Применяя схему измерения на рис. 1в, необходимо помнить о том, что приёмники ВАЦ должны находиться в линейном режиме работы и при необходимости устанавливать аттенюаторы.

Измерение коэффициента преобразования умножителя

Пример 1.

Проведем измерение коэффициента преобразования (SC_{21}) и коэффициента отражения от первого порта (S_{11}) умножителя частоты «MD701» производства компании «Микран». Частотный диапазон входного сигнала (RF) = 6...13 ГГц, выходного сигнала (f_2) = 12...26 ГГц. Мощность зондирования 15 дБм. Технические характеристики устройства приведены в таблице 1.

Таблица 1. Характеристики умножителя частоты «MD701»

	$P_{вх} = 10$ дБм	$P_{вх} = 12$ дБм	$P_{вх} = 15$ дБм
Диапазон входных частот, ГГц	6...13		
Диапазон выходных частот, ГГц	12...26		
Потери преобразования, дБ	16	14	12

Исходя из данных в таблице 1, необходимо обеспечить уровень входного сигнала 15 дБм, чтобы добиться наименьших потерь преобразования. ВАЦ «Панорама» не может обеспечить необходимый уровень сигнала, значит необходимо использовать дополнительный усилитель. В качестве дополнительного усилителя используем «LNA 20» производства компании «Микран», коэффициент усиления (КУ) = 25 дБ, частотный диапазон работы усилителя 10 МГц...26,5 ГГц.

Для измерения коэффициента отражения от входного порта умножителя необходимо использовать ВАЦ «Панорама» с опцией «ДПА», т.к. необходим прямой доступ к тракту генератора ВАЦ. Усилитель необходимо установить между портами «Генератор выход» и «Генератор вход». Схема для измерения представлена на рис. 2.

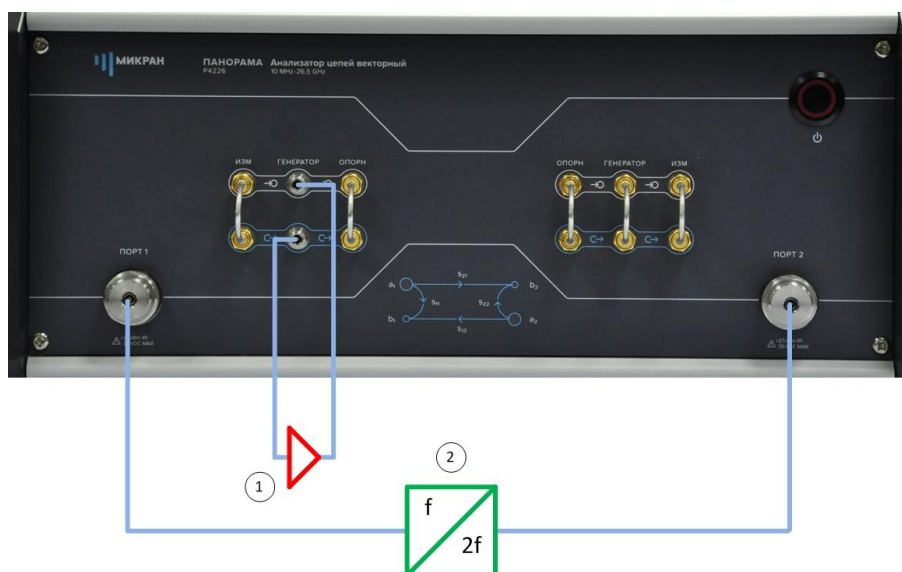


Рис. 2. Схема измерения умножителя «MD701» с усилением зондирующего сигнала:
1) умножитель «MD701»; 2) усилитель «LNA 20».

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

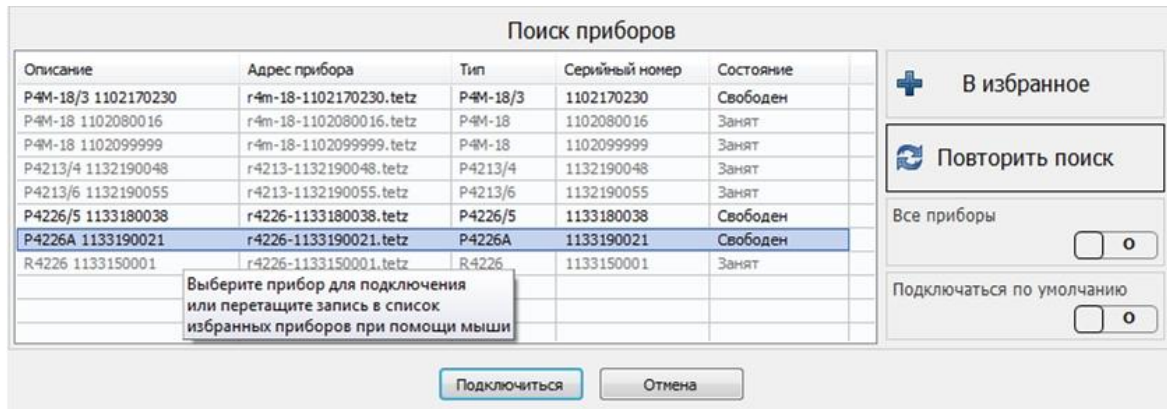



Рис. 3. Подключение к ВАЦ

4. Сбросить настройки программного обеспечения Graphit по умолчанию, для этого нажать кнопку «Восстановить начальные параметры» ;
5. В панели управления «Мощность» установить параметры мощности зондирования – 10 дБм, т.к. используется усилитель с КУ = 25 дБ (рис. 4).

ПРИМЕЧАНИЕ При установке мощности зондирования необходимо учитывать, что приёмники ВАЦ должны находиться в линейном режиме работы и устанавливать внутренние / внешние аттенюаторы.

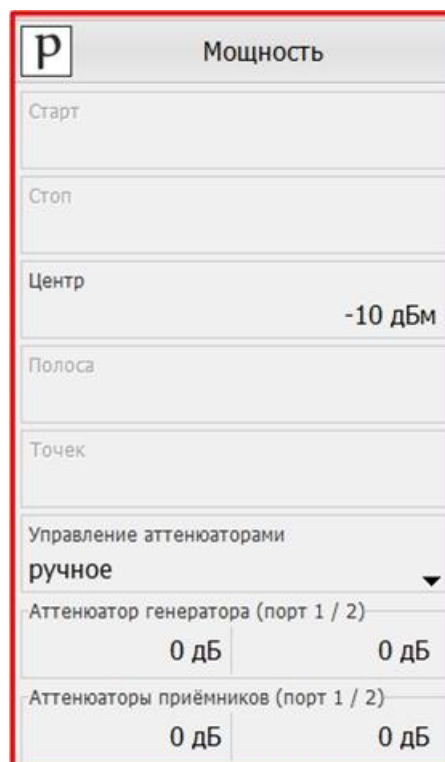


Рис. 4. Установка мощности зондирования

6. Установить частотный диапазон для калибровки выходной мощности ВАЦ. **Частотный диапазон при калибровке должен включать в себя весь частотный диапазон работы умножителя.** В нашем примере диапазон калибровки 6...26 ГГц (рис. 5).

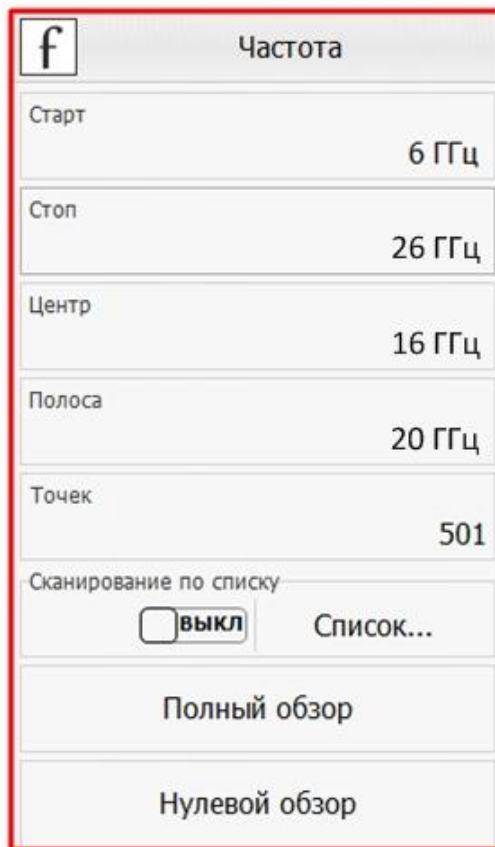


Рис. 5. Установка частотного диапазона для калибровки выходной мощности

7. Собрать схему для проведения калибровки выходной мощности (рис. 6). В качестве эталонного измерителя мощности используем «PLS26» производства компании «Микран».

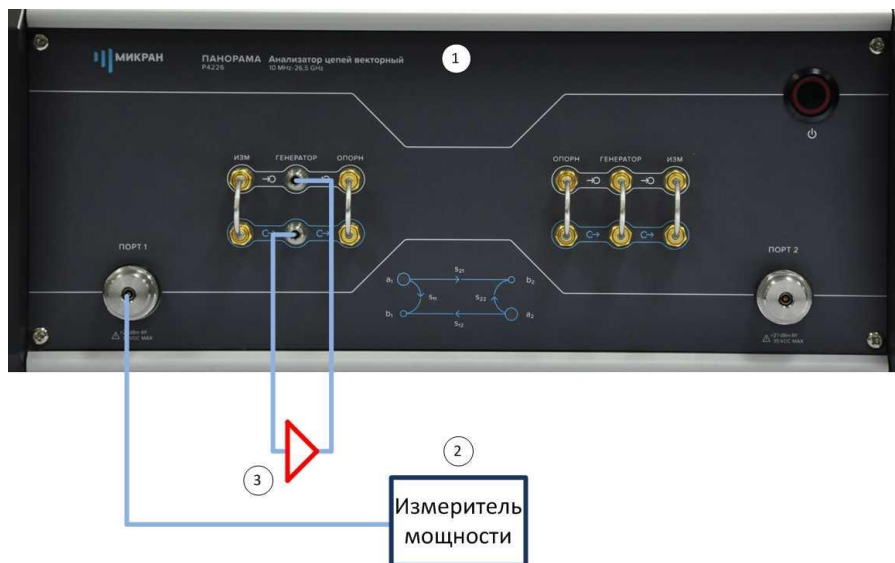


Рис. 6. Схема для калибровки выходной мощности ВАЦ:
1) ВАЦ «Панорама»; 2) эталонный измеритель мощности «PLS26»; 3) усилитель «LNA20».

8. Выбрать в главном меню *Калибровка* -> *Калибровка мощности* -> *Коррекция выходной мощности*. В окне «Коррекция выходной мощности», в разделе «Измеритель мощности» нажать кнопку «Подключить». Выбрать необходимый измеритель мощности из списка. **Смещение задать равным КУ усилителя, используемого в схеме (в нашем примере 25 дБ). Если в схеме не используется усилитель смещение задать равным нулю.** Нажать кнопку «Калибровка», дождаться окончания калибровки (рис. 7). После проведения калибровки выходная мощность ВАЦ будет скорректирована с учетом КУ используемого усилителя.

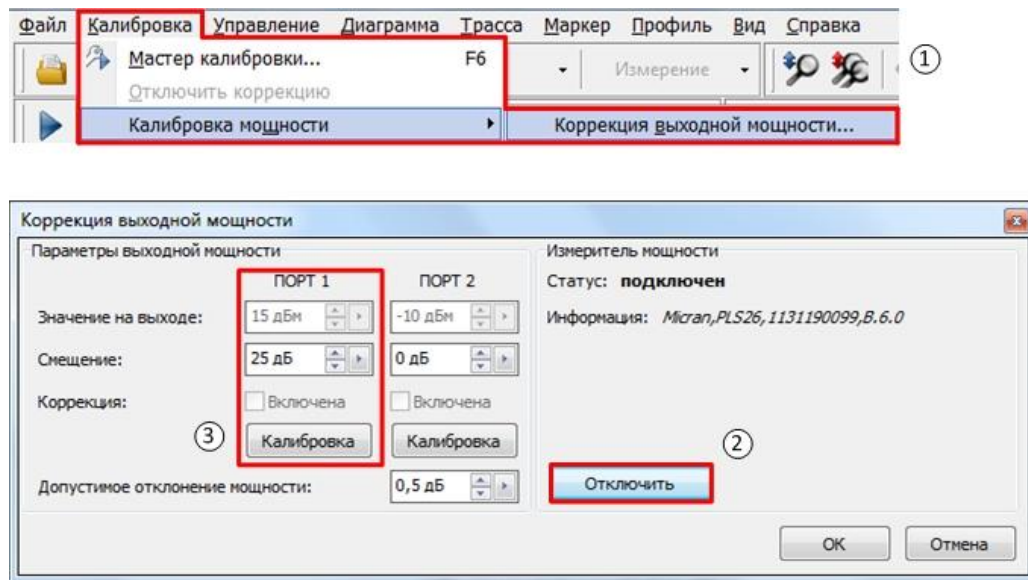


Рис. 7. Проведение калибровки выходной мощности ВАЦ

9. Соединить порты ВАЦ между собой. **Провести калибровку приёмника второго порта в выходном частотном диапазоне умножителя (12...26 ГГц).** Выбрать в главном меню *Калибровка* -> *Калибровка мощности* -> *Коррекция приёмников*. В окне «Коррекция приёмников» нажать кнопку «Калибровка». Дождаться окончания калибровки (рис. 8).

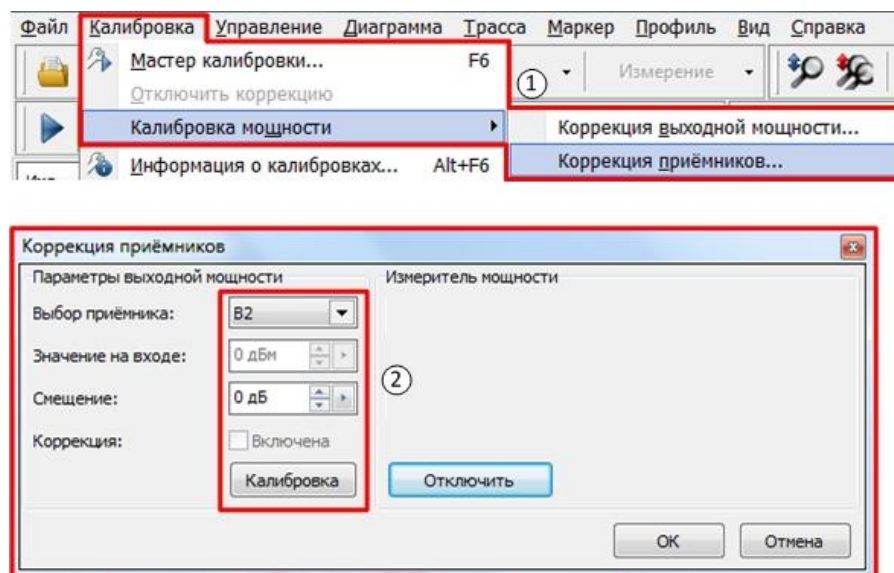


Рис. 8. Проведение калибровки приёмника второго порта ВАЦ

10. Выбрать в главном меню *Калибровка* -> *Мастер калибровки*. Провести однопортовую SOLT калибровку первого порта **во входном диапазоне рабочих частот умножителя**, следуя указаниям мастера калибровки, рис. 9.

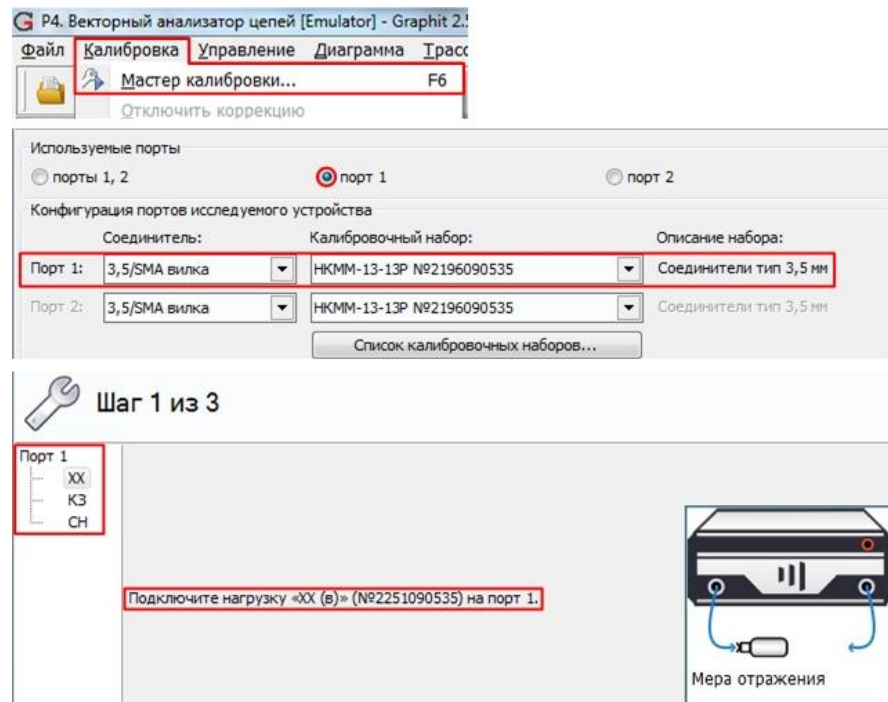


Рис. 9. SOLT калибровка первого порта

11. Выбрать в главном меню *Калибровка* -> *Мастер калибровки*. Провести однопортовую SOLT калибровку второго порта **в выходном диапазоне рабочих частот умножителя**, следуя указаниям мастера калибровки, рис. 10.

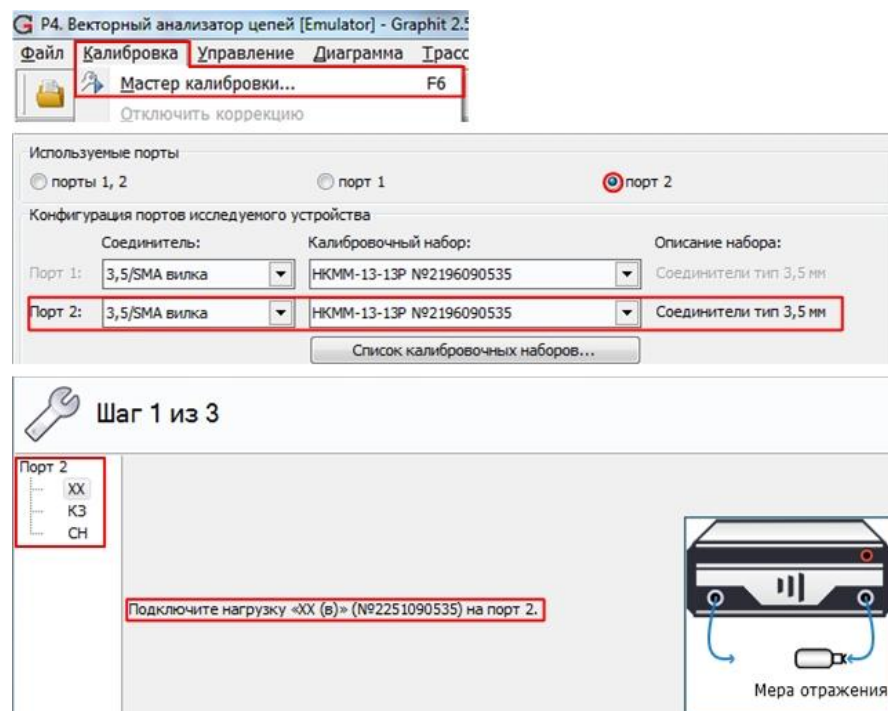


Рис. 10. SOLT калибровка второго порта

12. В панели управления «Преобразование частоты» установить множитель частоты в соответствии с коэффициентом умножения исследуемого умножителя по формуле, приведенной ниже.

$$f_2 = \frac{a}{b} f_1 + \frac{c}{d} f_{\Gamma} + f_{\text{см}}$$

- где
- f_1 – частота зондирующего сигнала и приёмников первого порта;
 - f_2 – частота зондирующего сигнала и приёмников второго порта;
 - f_{Γ} – частота гетеродина (при отсутствии внешнего гетеродина множитель «с» задается равным нулю);
 - $f_{\text{см}}$ – смещение частоты, представляющее дополнительную отстройку;
 - a – множитель частоты первого порта;
 - b – делитель частоты второго порта;
 - c – множитель частоты гетеродина;
 - d – делитель частоты гетеродина.

В случае измерения умножителей частоты, которые характеризуются формулой $f_2 = N \cdot f_1$, коэффициент a – является множителем N для f_1 . Изменяя коэффициент a можно измерить уровень прохождения 2, 3, 4 и т.д. гармоник через умножитель. При измерении не используется гетеродин, множитель частоты гетеродина c устанавливается равным нулю. Дополнительное смещение так же не задается, $f_{\text{см}} = 0$.

В нашем примере коэффициент умножения равен 2, гетеродин не используется, рис. 11.

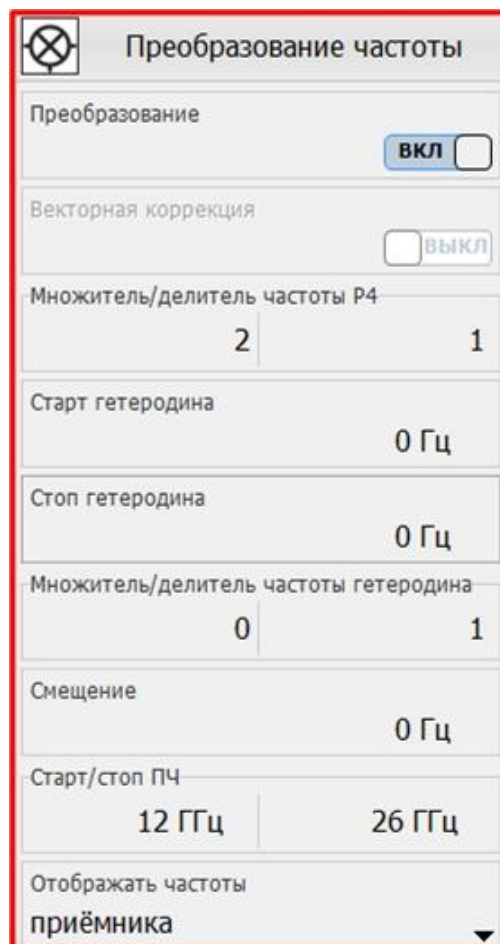


Рис. 11. Настройка преобразования частоты

13. Создать измерительную трассу для коэффициента преобразования SC_{21} , рис. 12.

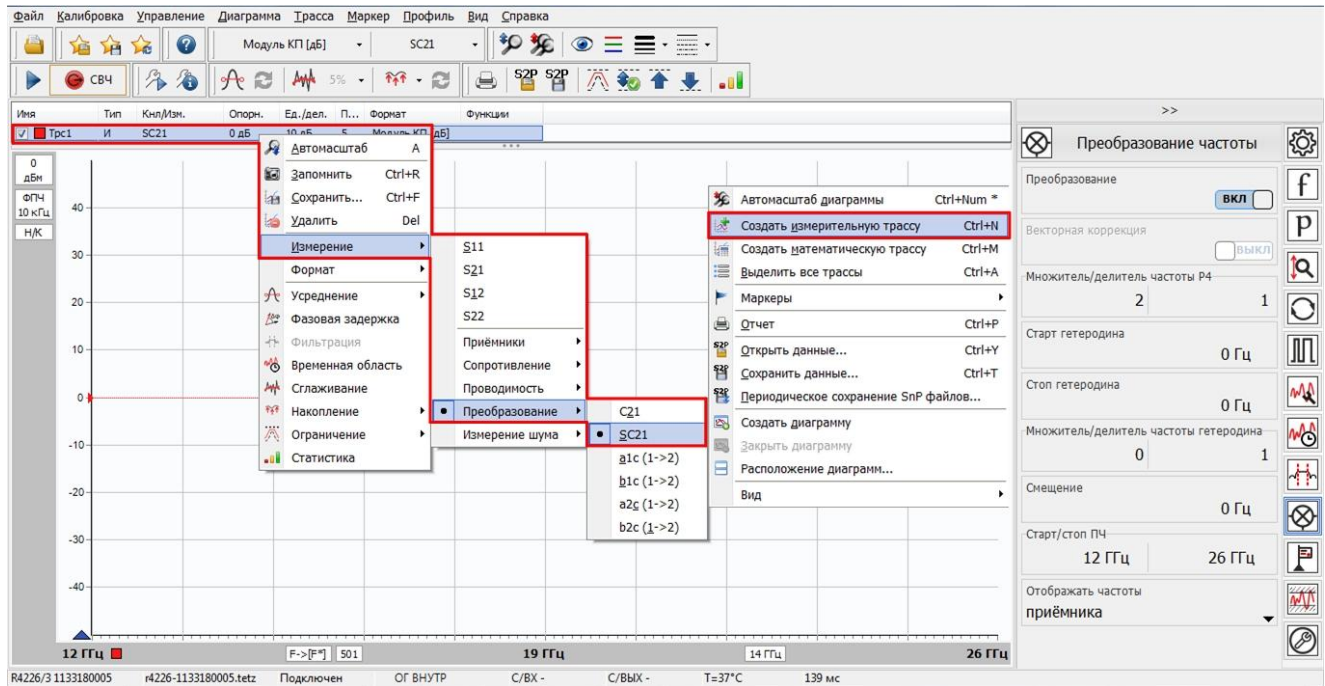


Рис. 12. Создание измерительной трассы для коэффициента преобразования SC_{21}

14. В панели управления «Преобразование частоты» можно задавать отображаемый диапазон частот путем выбора в окне «Отображать частоты». Измерение S_{11} проводим во входном частотном диапазоне работы умножителя (6...13 ГГц), отображаем частоту зондирования, а S_{22} и SC_{21} в выходном частотном диапазоне работы умножителя (12...26 ГГц), отображаем частоты приёмника. Результат измерения приведен на рис. 13 и рис. 14.

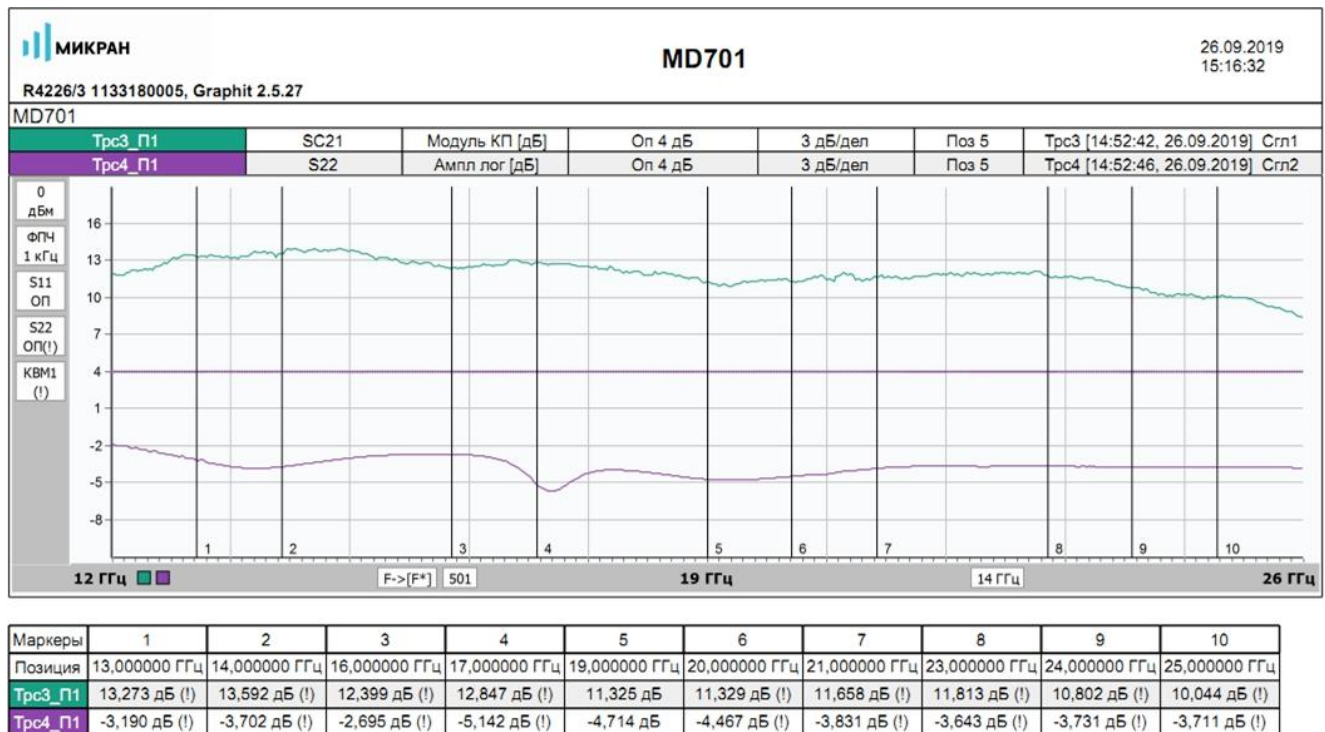
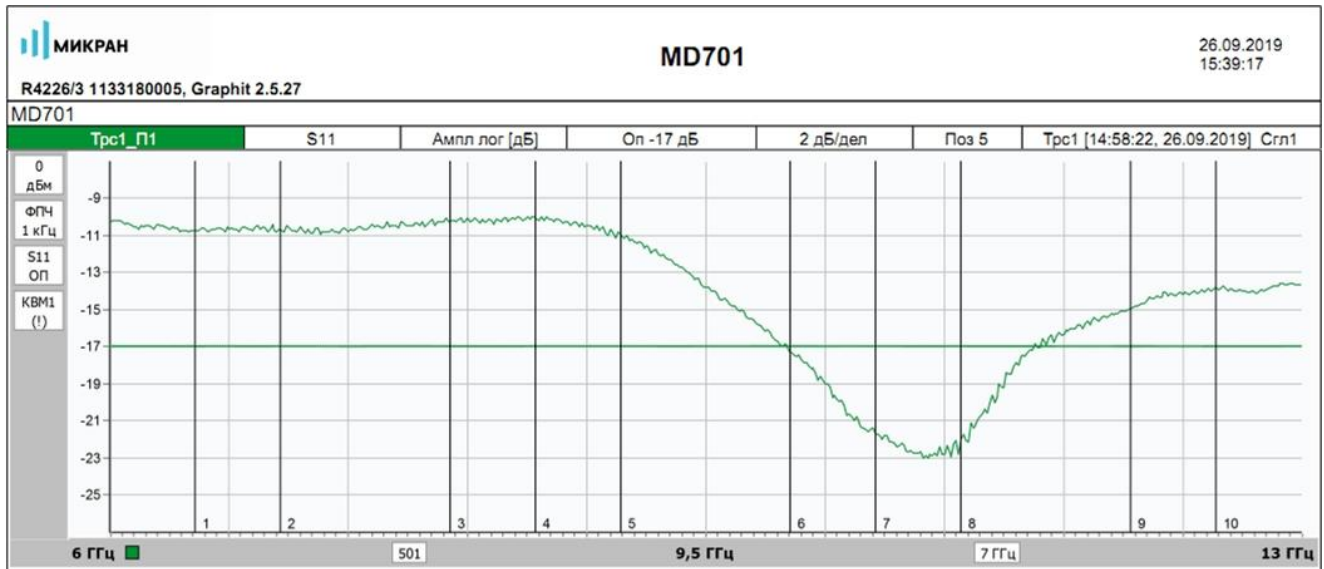


Рис. 13. Результаты измерения. Коэффициент преобразования SC_{21} , коэффициент отражения S_{22} .



Маркеры	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Позиция	6,500000 ГГц	7,000000 ГГц	8,000000 ГГц	8,500000 ГГц	9,000000 ГГц	10,000000 ГГц	10,500000 ГГц	11,000000 ГГц	12,000000 ГГц	12,500000 ГГц
Трс1_П1	-10,779 дБ (!)	-10,693 дБ (!)	-10,234 дБ (!)	-10,096 дБ (!)	-11,043 дБ (!)	-17,340 дБ (!)	-21,751 дБ (!)	-22,001 дБ (!)	-14,938 дБ (!)	-13,838 дБ (!)

Рис. 14. Результаты измерения. Коэффициент отражения S_{11} .

Измерение смесителей

Векторный анализатор цепей (ВАЦ) P4226A «Панорама» позволяет проводить измерение коэффициента преобразования смесителей со скалярной и векторной калибровкой.

При измерении смесителей необходимо использовать внешний генератор сигнала гетеродина. Необходимо соединить входы и выходы синхронизации генератора и ВАЦ для синхронной перестройки по частоте, рис 15. Также необходимо соединить выход опорного сигнала генератора и вход опорного сигнала ВАЦ.

ПРИМЕЧАНИЕ Использование общей опорной частоты ВАЦ и генератора является обязательным условием для корректных измерений.

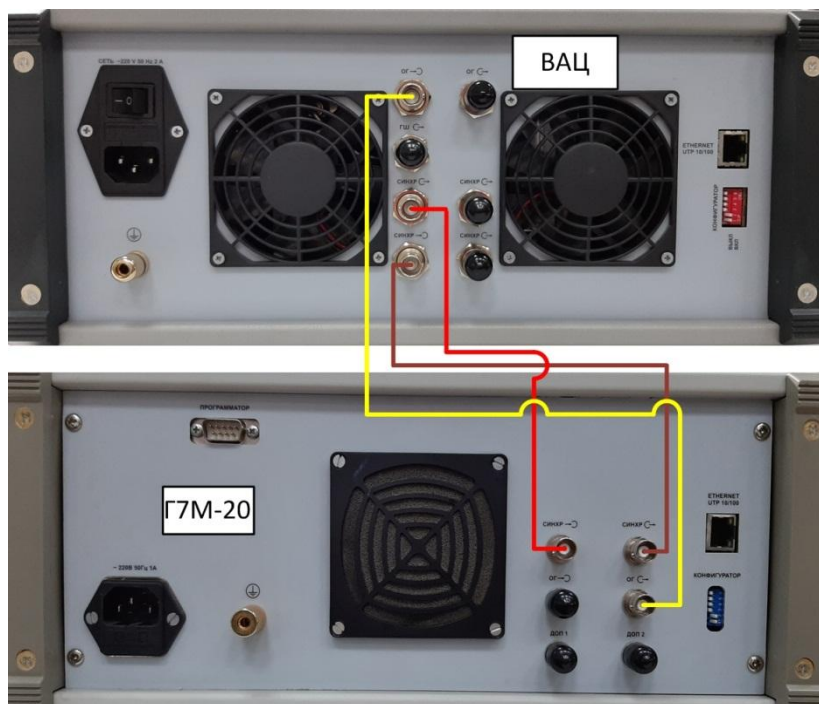


Рис. 15. Синхронизация ВАЦ и гетеродина

В качестве генератора сигнала гетеродина в данной инструкции используются приборы производства компании «Микран» серии «Г7М», «PLG», «P2М».

Схемы измерения смесителей со скалярной калибровкой

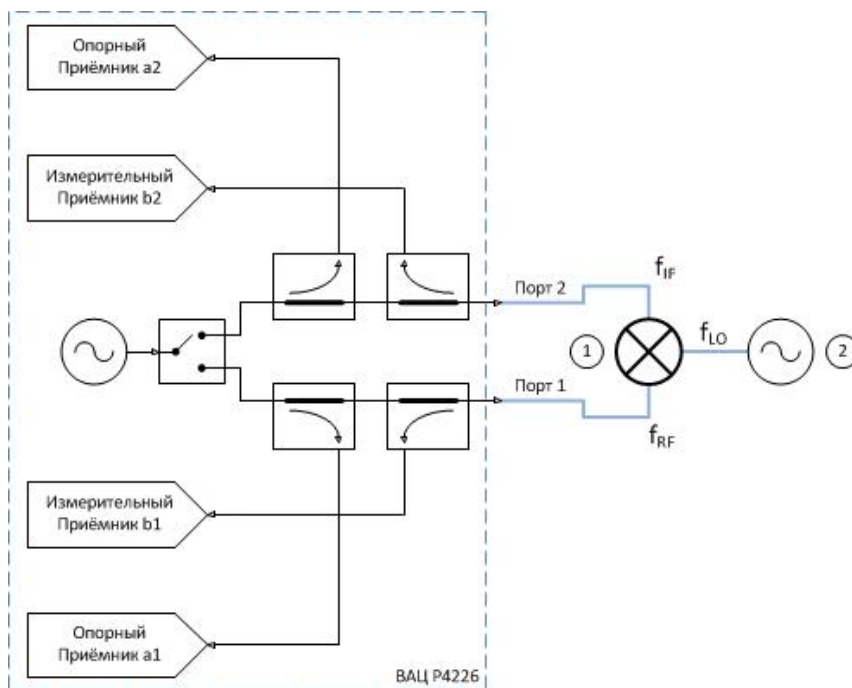


Рис. 16а. Схема измерения смесителей с использованием внешнего гетеродина со скалярной калибровкой:
1) смеситель; 2) генератор сигнала гетеродина.

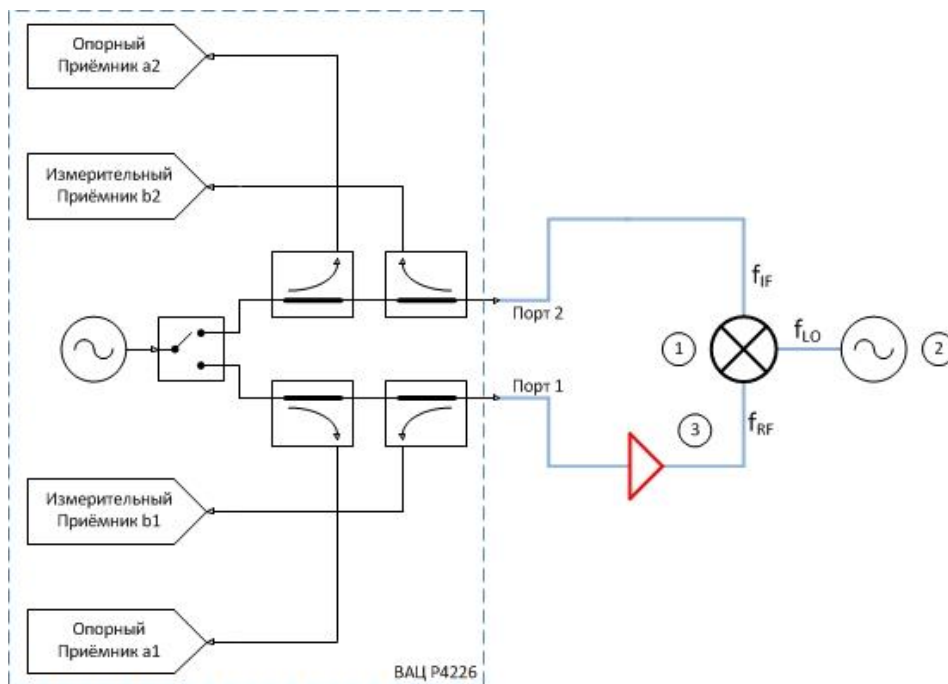


Рис. 16б. Схема измерения смесителей с использованием внешнего гетеродина со скалярной калибровкой, дополнительным усилением зондирующего сигнала:
1) смеситель; 2) генератор сигнала гетеродина; 3) усилитель.

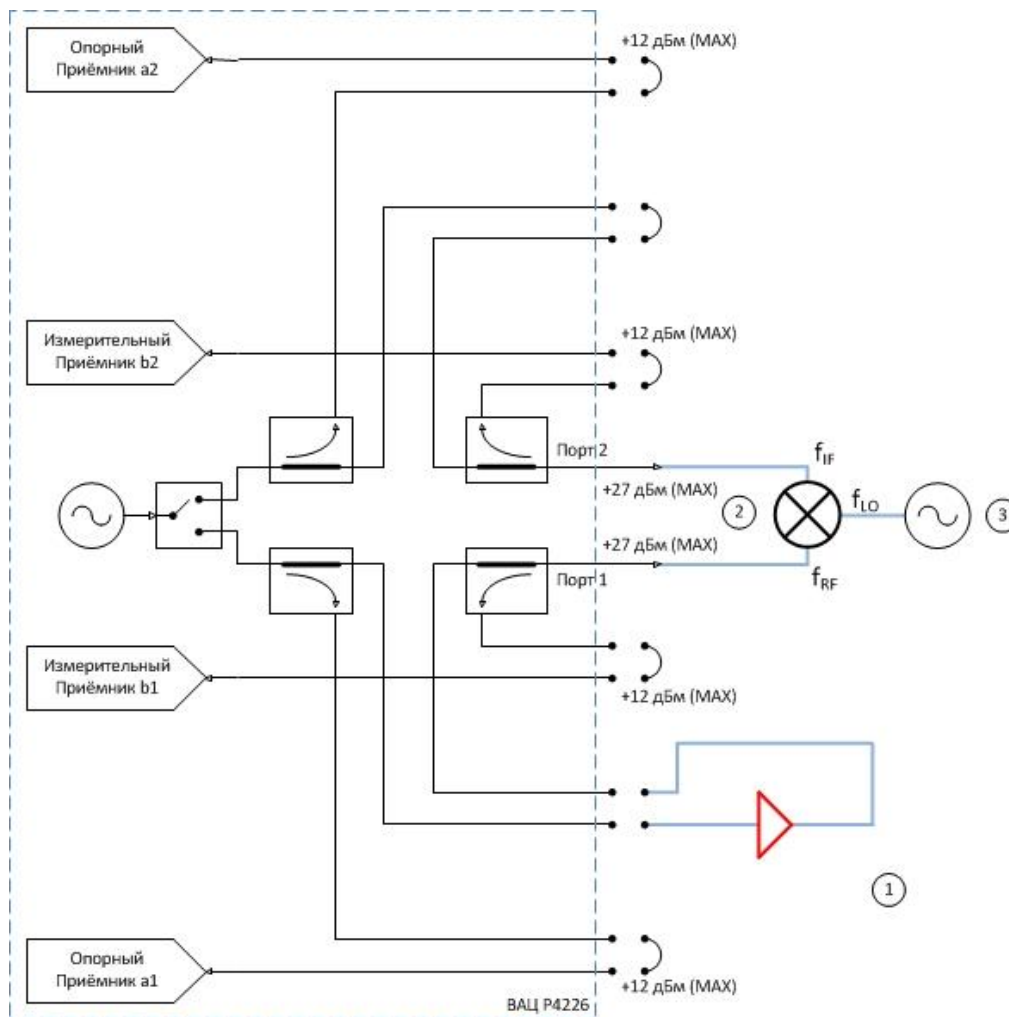


Рис. 16в. Схема измерения смесителей с использованием внешнего гетеродина со скалярной калибровкой, дополнительным усилением зондирующего сигнала с возможностью измерения коэффициента отражения:
1) усилитель; 2) смеситель; 3) генератор сигнала гетеродина.

Параметры, которые схема позволяет измерить: SC_{21} ; b_{2c} ; S_{22} ; коэффициент преобразования на произвольной ПЧ; S_{11} , S_{12} , S_{21} , для схем на рис. 16а и 16в.

Устройства и опции, необходимые для проведения измерения: ВАЦ «Панорама» с опцией «СЧП» (с опцией «ДПА» для схемы на рис. 16в); измеритель мощности; калибровочный набор или электронный калибратор; кабельные сборки.

Калибровки, необходимые для проведения измерения: двухпортовая калибровка S-параметров; калибровка выходной мощности первого порта; калибровка приёмника второго порта, если измеряемое устройство не подключено напрямую к порту.

Схема на рис. 16б не позволяет измерить коэффициент отражения S_{11} так как в схеме используется усилитель, который значительно ослабляет сигнал, отраженный от входного порта умножителя за счет развязки.

Опция «ДПА» предоставляет пользователю прямой доступ к СВЧ- входам приемников и СВЧ – выходам генератора.

ПРИМЕЧАНИЕ Применяя схему измерения на рис. 16в, необходимо помнить о том, что приёмники ВАЦ должны находиться в линейном режиме работы и при необходимости устанавливать аттенюаторы. Подробнее об уровнях входного сигнала можно узнать в инструкции по применению ВАЦ P4212/P4226 «Панорама» Опция «ДПА», которую можно скачать на сайте www.micran.ru.

Пример 2.

Проведем измерение коэффициента преобразования S_{C21} , коэффициенты отражения S_{11} , S_{22} , развязку S_{21} смесителя «MD621» производства компании «Микран» со скалярной калибровкой. Характеристики устройства приведены в таблице 2. Частотный диапазон входного сигнала (RF) = 3,05...20 ГГц, сигнала гетеродина (LO) = 3...19,95 ГГц, промежуточная частота (IF) = 50 МГц. Мощность зондирования 0 дБм.

Таблица 2. Технические характеристики смесителя «MD621»

Диапазон частот, ГГц	3..6	6..10	10..17	17..26
Потери преобразования, CL^* , дБ	13	8	10	13
Сжатие на 1 дБ по входу, $P1^*$, дБм	10	12	12	13
Интермодуляция третьего порядка, $IP3^{**}$, дБм	20	16	20	22
Возвратные потери по входу RF, RL_{RF}^* , дБ	5	6	6	5
Возвратные потери по входу LO, RL_{LO}^* , дБ	5	6	5	5
Изоляция LO-RF, дБн	35	35	35	30
Изоляция RF-IF, дБн	15	20	20	20
Изоляция LO-IF, дБн	18	20	25	25

Для измерения параметров смесителя будем использовать схему, приведенную на рис. 17.

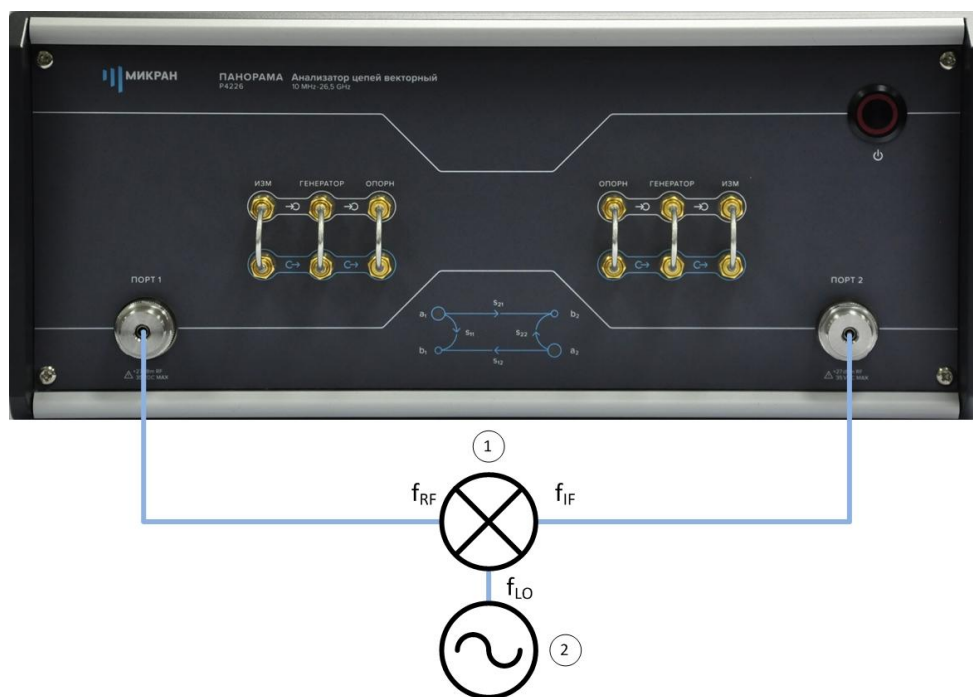


Рис. 17. Схема измерения смесителя «MD621» со скалярной калибровкой:
1) смеситель «MD621»; 2) генератор сигнала гетеродина.

В качестве источника сигнала гетеродина и эталонного измерителя мощности используем синтезатор частот серии «Г7М-20» и измеритель мощности «PLS26» производства компании «Микран» соответственно.

1. Подготовить ВАЦ к работе;
2. Запустить программное обеспечение Graphit;
3. Осуществить подключение к прибору, рис. 18;

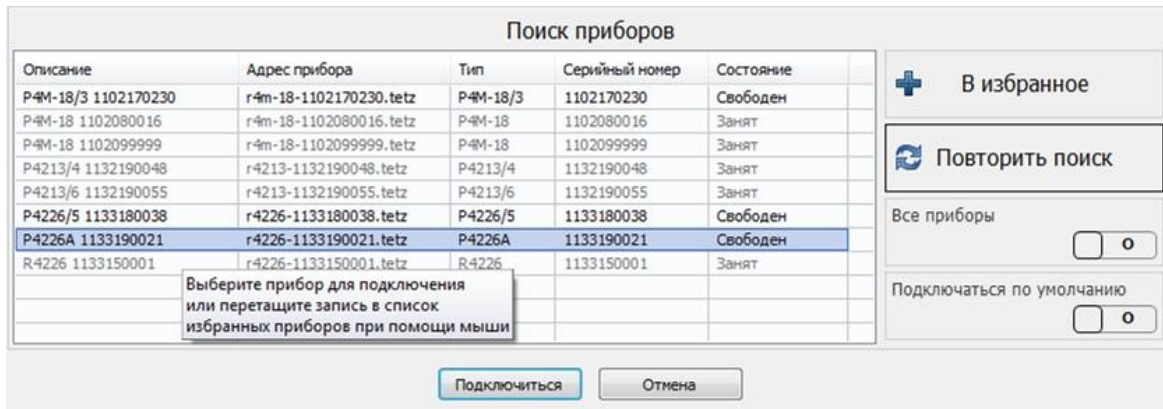



Рис. 18. Подключение к ВАЦ

4. Сбросить настройки программного обеспечения Graphit по умолчанию, для этого нажать кнопку «Восстановить начальные параметры» ;
5. В панели управления «Мощность» установить параметры мощности зондирования 0 дБм, рис. 19;

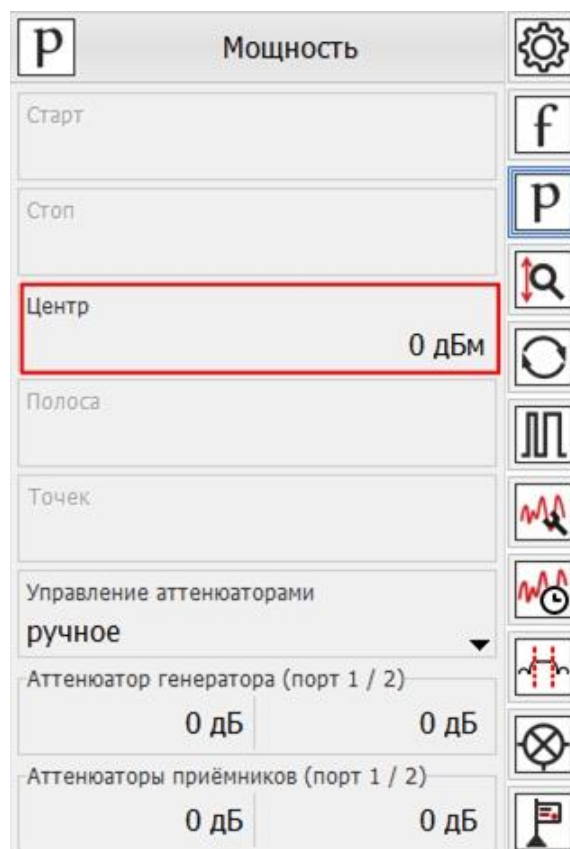


Рис. 19. Установка мощности зондирования для измерения смесителя «MD621»

- Выбрать в главном меню *Калибровка* -> *Мастер калибровки*. Провести двухпортовую SOLT калибровку в частотном диапазоне, **включающем в себя весь рабочий диапазон смесителя**, рис. 20. В нашем случае частотный диапазон для проведения калибровки 50 МГц...20 ГГц;

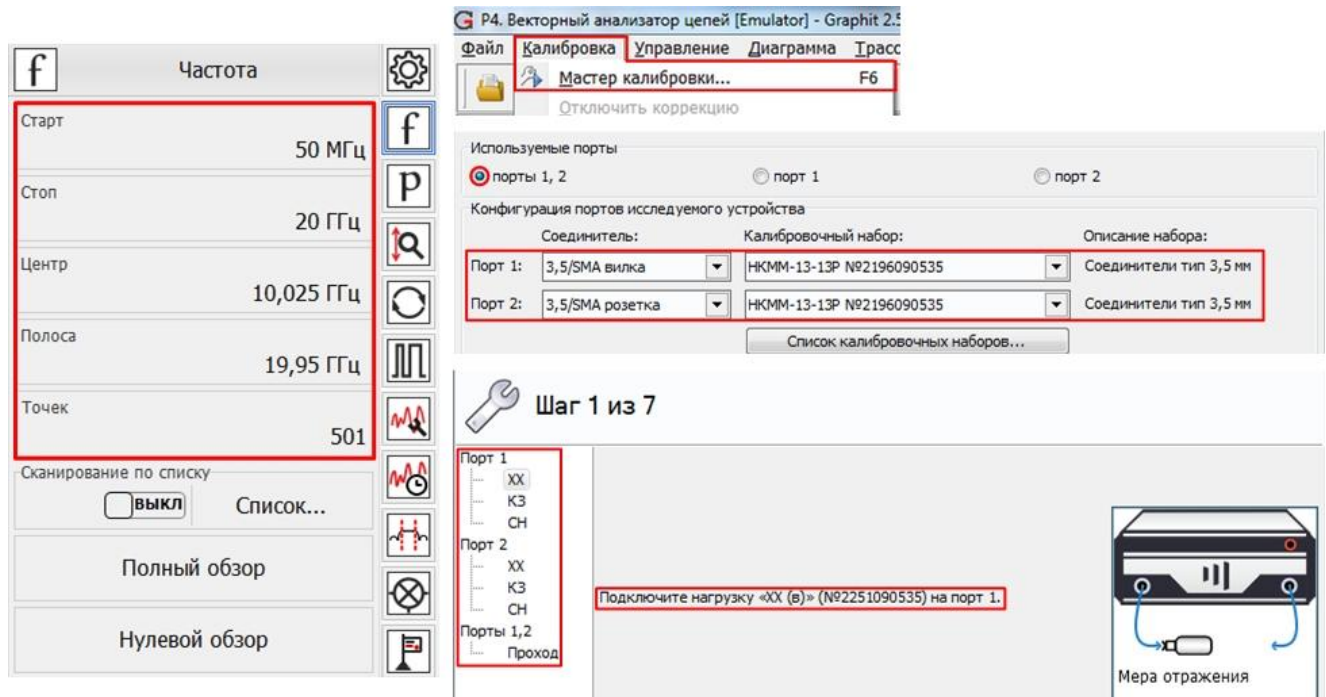


Рис. 20. Установка частотного диапазона и проведение калибровки S-параметров для измерения смесителя «MD621»

- Подключить эталонный измеритель мощности к первому порту ВАЦ в плоскости калибровки S-параметров, рис. 21;

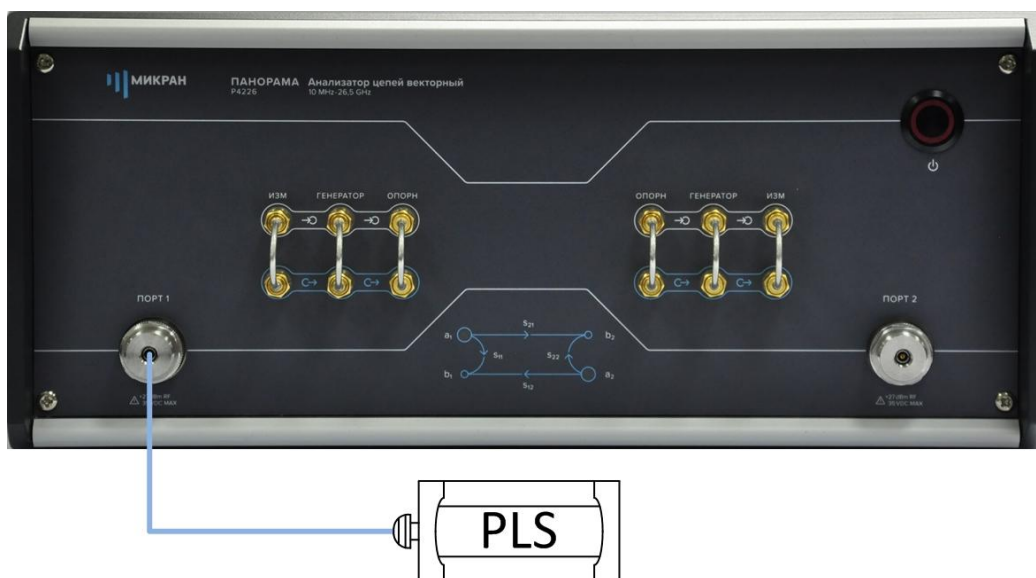


Рис. 21. Подключение измерителя мощности к ВАЦ

- Провести калибровку выходной мощности ВАЦ в частотном диапазоне, включающем в себя входные и выходные частоты смесителя (50 МГц...20 ГГц), рис. 22;

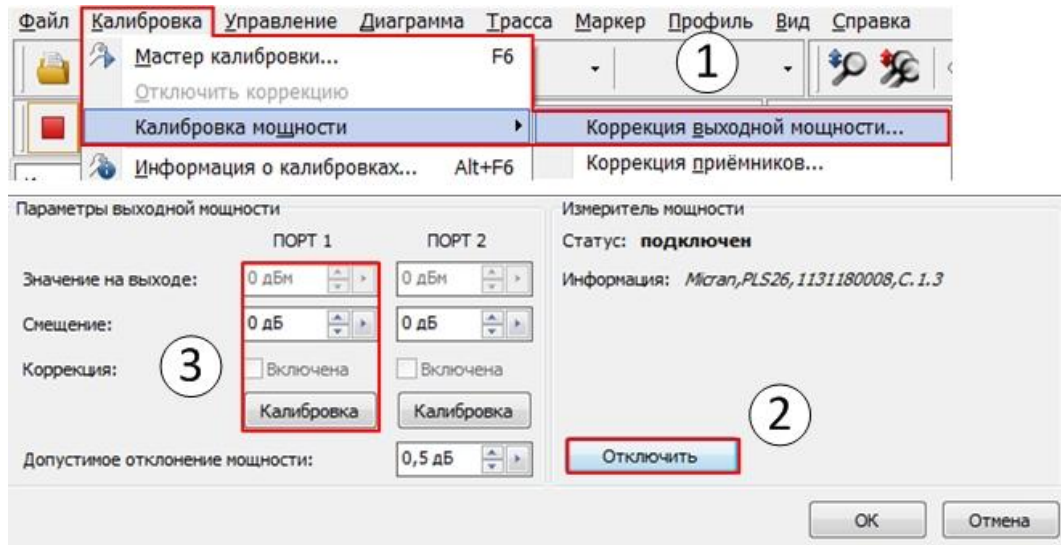


Рис. 22. Проведение калибровки выходной мощности для измерения смесителя «MD621»

9. Собрать измерительную схему, изображенную на рис. 17;
10. В панели управления «Преобразования частоты» задать параметры гетеродина, рис. 23;

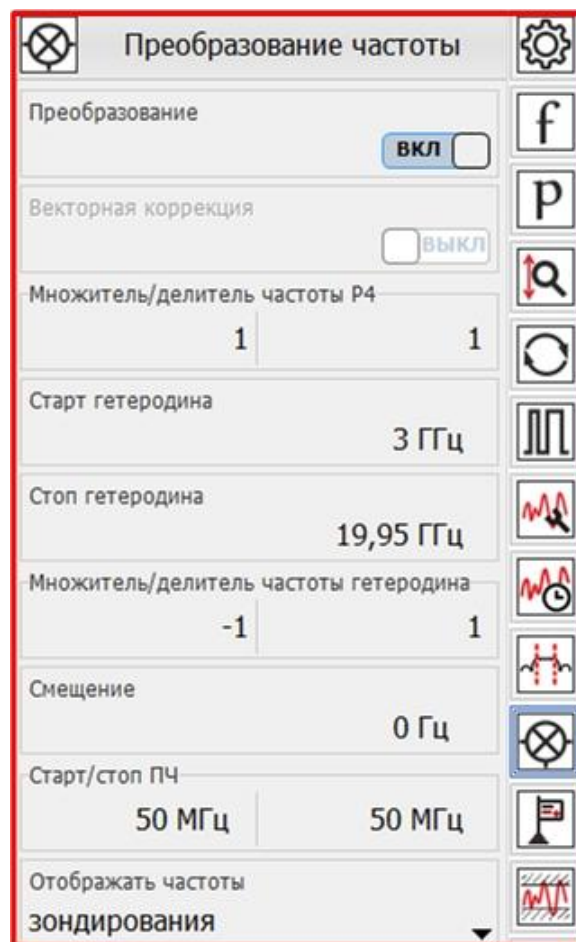


Рис. 23. Задание параметров преобразования частоты

11. Настроить синхронизацию между ВАЦ и генератором сигнала гетеродина. Для этого соединить между собой входы и выходы синхронизации приборов. В панели управления «Синхронизация» задать параметры, указанные на рис. 24. Для генератора «Г7М-20» задать следующие параметры: $R_{\text{вых}} = 15$ дБм; $F = 3 \dots 19,95$ ГГц; режим работы – сканирование по частоте; режим запуска – внешний; момент запуска – следующая точка; режим синхровыхода – захват ФАПЧ/АРМ. Соединить вход опорного генератора ВАЦ с выходом опорного генератора «Г7М-20». В панели управления генератора сигнала гетеродина «Опорный генератор» включаем внешний опорный генератор. Задание параметров изображено на рис. 25;

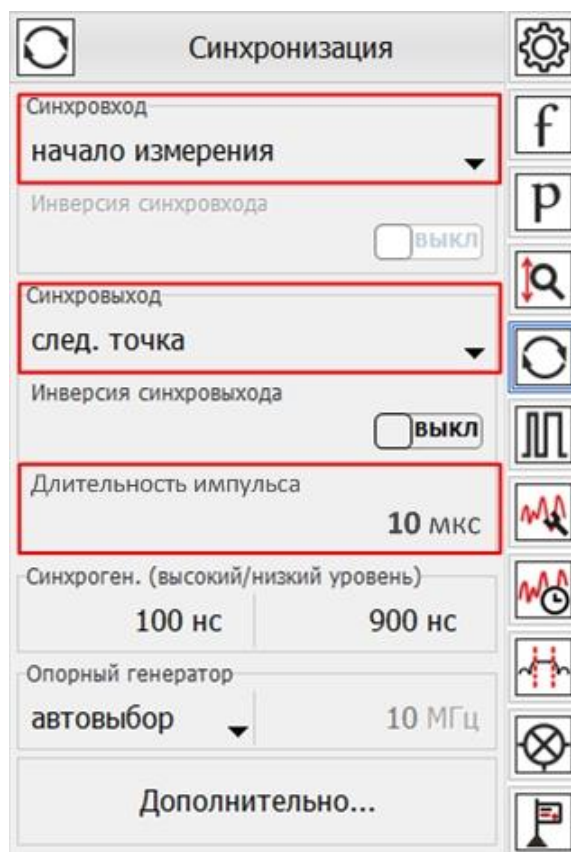


Рис. 24. Настройка генератора сигнала гетеродина

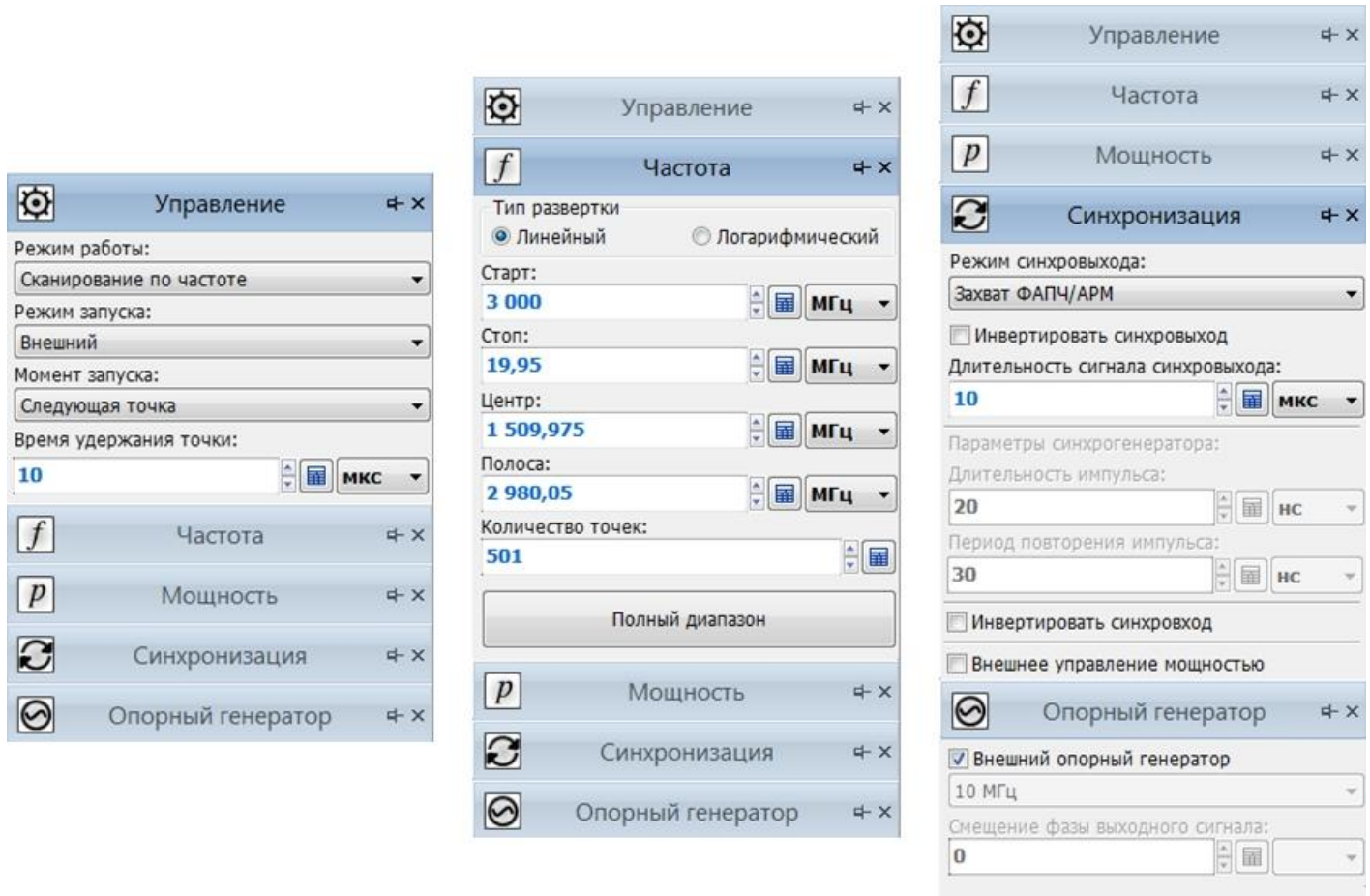


Рис. 25. Настройка синхронизации генератора «Г7М-20»

12. Создать измерительную трассу для коэффициента преобразования SC_{21} , рис. 26;

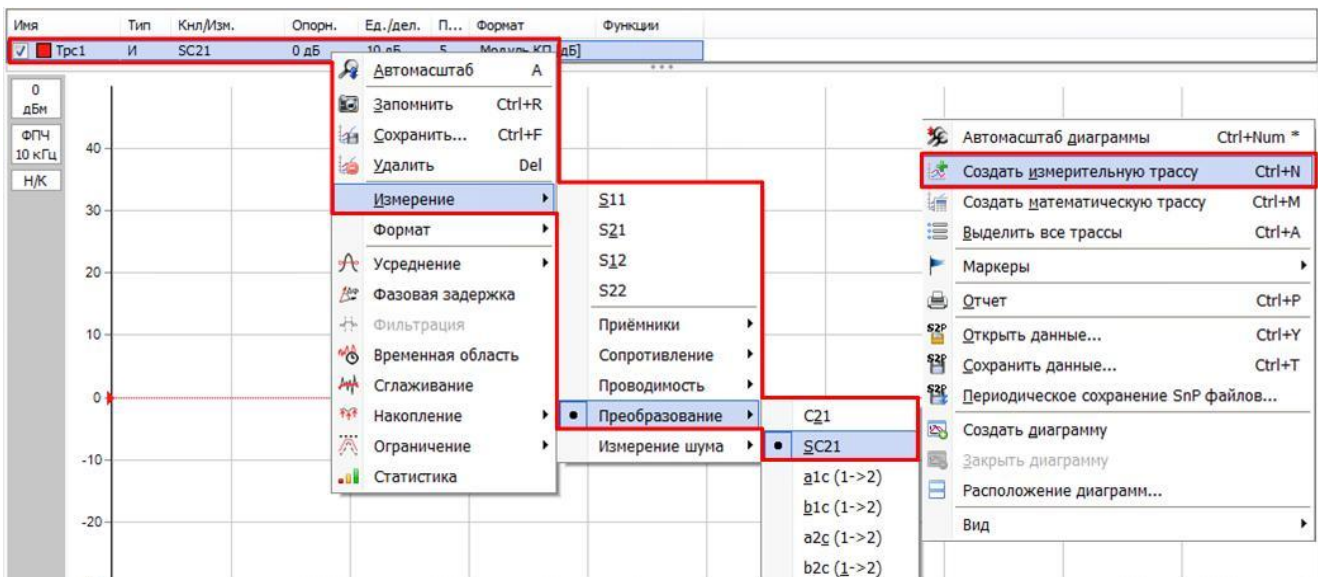


Рис. 26. Создание измерительной трассы для коэффициента преобразования SC_{21}

13. Результаты измерения представлены на рис. 27;

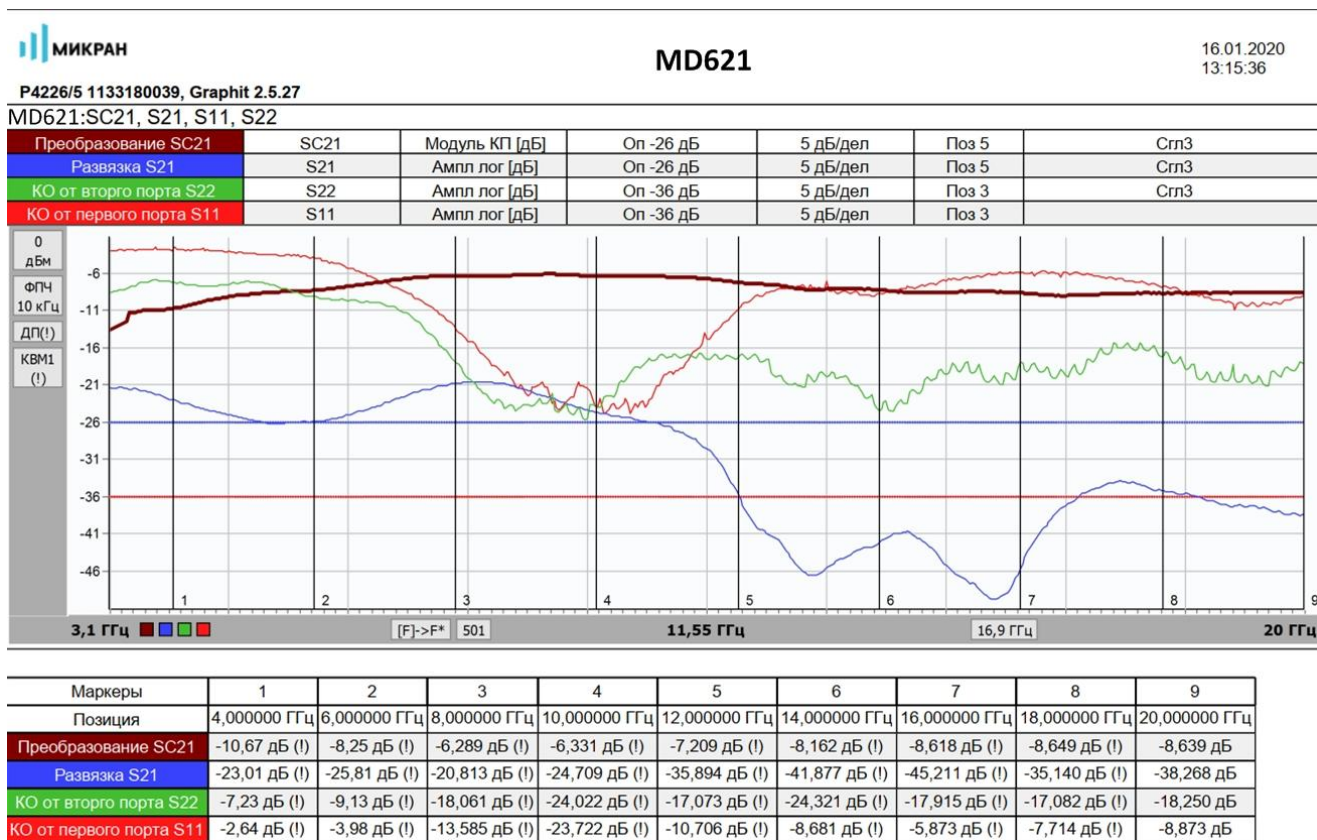


Рис. 27. Результат измерения смесителя «MD621» со скалярной калибровкой

Схема измерения смесителей с векторной калибровкой

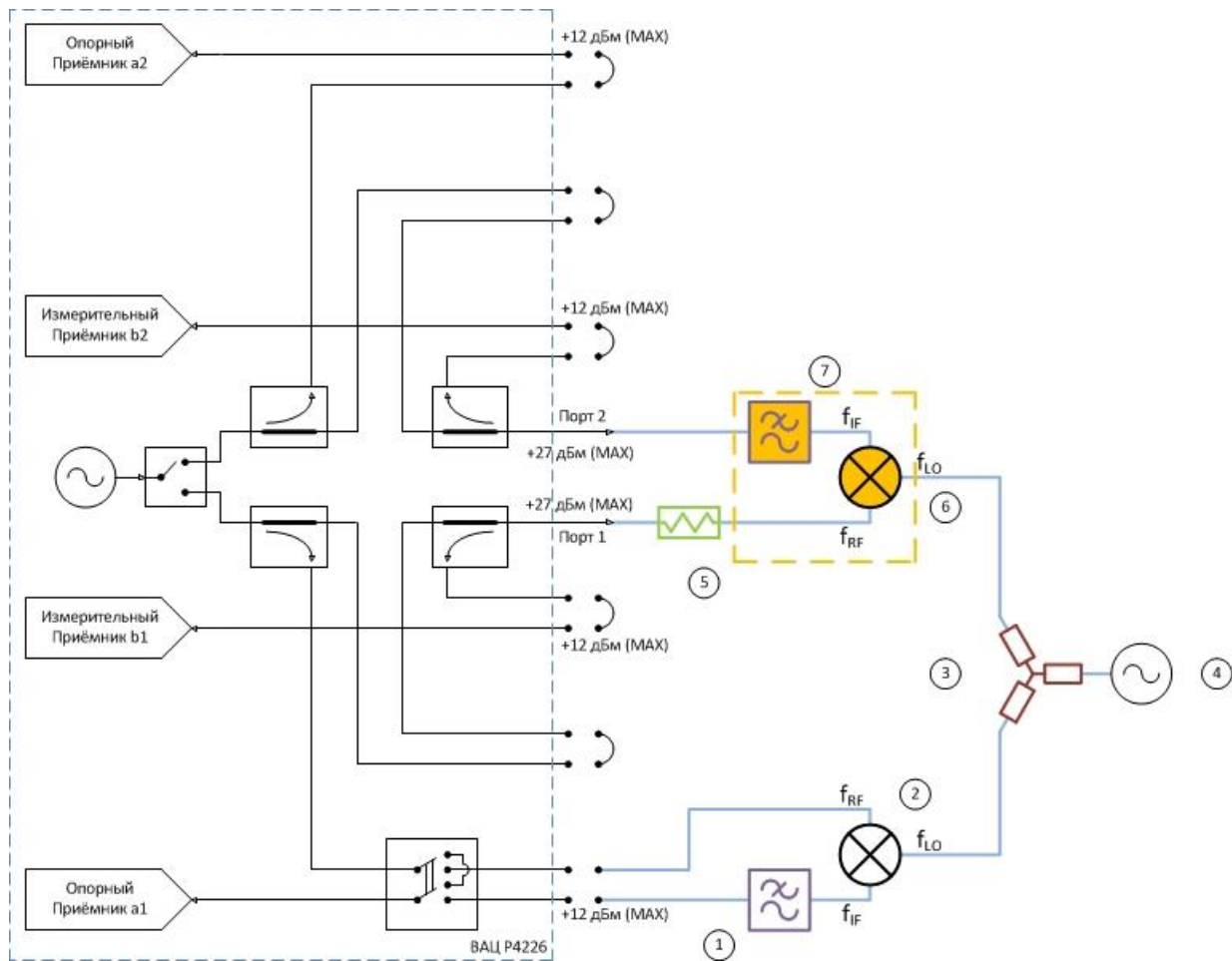


Рис 28. Схема измерения смесителей с использованием внешнего гетеродина с векторной калибровкой:

- 1) фильтр ПЧ для опорного приёмника; 2) опорный смеситель; 3) делитель мощности; 4) генератор сигнала гетеродина;
- 5) согласующий аттенуатор; 6) калибровочный/исследуемый смеситель; 7) фильтр ПЧ для измерительного приёмника.

Параметры, которые схема позволяет измерить: C_{21} ; b_{2c} ; $ГВЗ$; S_{11} ; S_{22} ; коэффициент преобразования на произвольной ПЧ.

Устройства и опции, необходимые для проведения измерения: ВАЦ «Панорама» с опцией «СПА»; внешний генератор сигнала гетеродина (Г7М, Р2М, PLG, либо другие в неуправляемом режиме); два дополнительных смесителя – «опорный» и «калибровочный»; аттенуатор (ослабление 3...10 дБ) для улучшения согласования первого порта; фильтр, пропускающий преобразованный сигнал промежуточной частоты и подавляющий паразитные сигналы; калибровочный набор или электронный калибратор; набор кабельных сборок.

Разность фаз коэффициента передачи S_{21} некоторой цепи – это разность фаз гармонического сигнала на входе и на выходе цепи. В случае измерения разности фаз между сигналами до преобразования и после преобразования (на разных частотах) будем обозначать понятие «фаза» в кавычках.

Наклон «ФЧХ» $C_{21}(f)$ – зависимость «фазы» C_{21} от частоты, имеет физический смысл. Также как наклон ФЧХ $S_{21}(f)$, он пропорционален групповому времени задержки ($ГВЗ$).

Физический смысл коэффициента преобразования C_{21} появляется при возведении его в квадрат, т.е. при повторном прохождении сигнала через смеситель и преобразовании на частоту f_1 . Например, если к выходу смесителя подключить идеальную отражающую нагрузку (с нулевой задержкой и коэффициентом отражения) или с помощью такого же смесителя выполнить обратное преобразование частоты f_2 и f_1 , как показано на рис. 29.

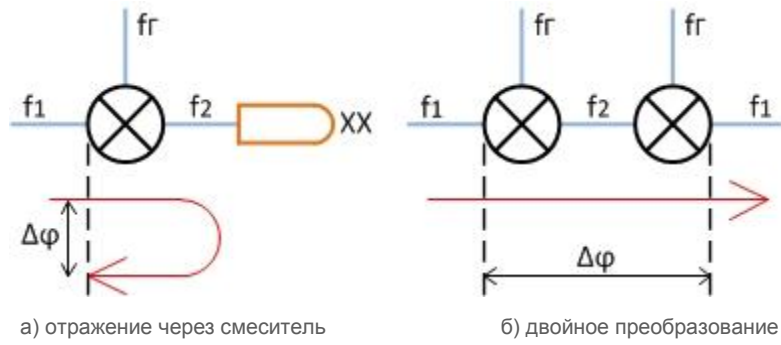


Рис 29. Преобразование через смеситель

Изменение фазы сигнала, дважды прошедшего через смеситель, равно удвоенной «фазе» коэффициента преобразования C_{21} :

$$\Delta\phi = 2 \cdot \text{Arg}(C_{21}).$$

Пример 3.

Проведем измерение комплексного коэффициента преобразования S_{21} смесителя «MD621» производства компании «Микран». Характеристики устройства приведены в таблице 3. Частотный диапазон входного сигнала (RF) = 4,5...20 ГГц, сигнала гетеродина (LO) = 3,6...19,1 ГГц, промежуточная частота (IF) = 900 МГц. Мощность зондирования 0 дБм.

Таблица 3. Технические характеристики смесителя «MD616».

Диапазон частот, ГГц	3..6	6..10	10..17	17..26
Потери преобразования, CL^* , дБ	13	8	10	13
Сжатие на 1 дБ по входу, $P1^*$, дБм	10	12	12	13
Интермодуляция третьего порядка, $IP3^{**}$, дБм	20	16	20	22
Возвратные потери по входу RF , RL_{RF}^* , дБ	5	6	6	5
Возвратные потери по входу LO , RL_{LO}^* , дБ	5	6	5	5
Изоляция LO - RF , дБн	35	35	35	30
Изоляция RF - IF , дБн	15	20	20	20
Изоляция LO - IF , дБн	18	20	25	25

Для измерения будем использовать схему, приведенную на рис. 30. В качестве генератора сигнала гетеродина используем синтезатор частот серии «Г7М-20». В качестве «опорного» и «калибровочного» смесителя используем смесители «MD621». Фильтры промежуточной частоты – ППФ 900 МГц.

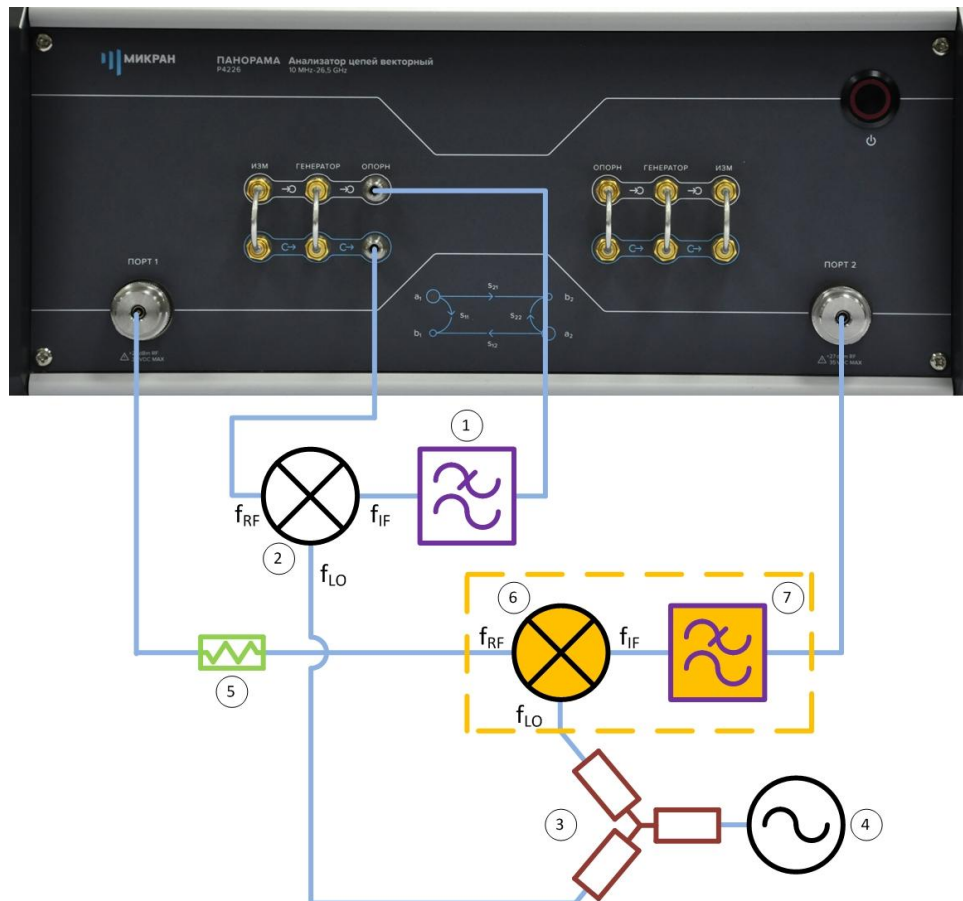


Рис. 30. Схема измерения смесителя «MD616» с векторной калибровкой:

- 1) фильтр ПЧ для опорного приёмника; 2) опорный смеситель; 3) делитель мощности; 4) генератор сигнала гетеродина;
- 5) согласующий аттенюатор; 6) калибровочный \ исследуемый смеситель; 7) фильтр ПЧ для измерительного приёмника.

1. Подготовить ВАЦ к работе;
2. Запустить программное обеспечение Graphit;
3. Осуществить подключение к прибору, рис. 31;

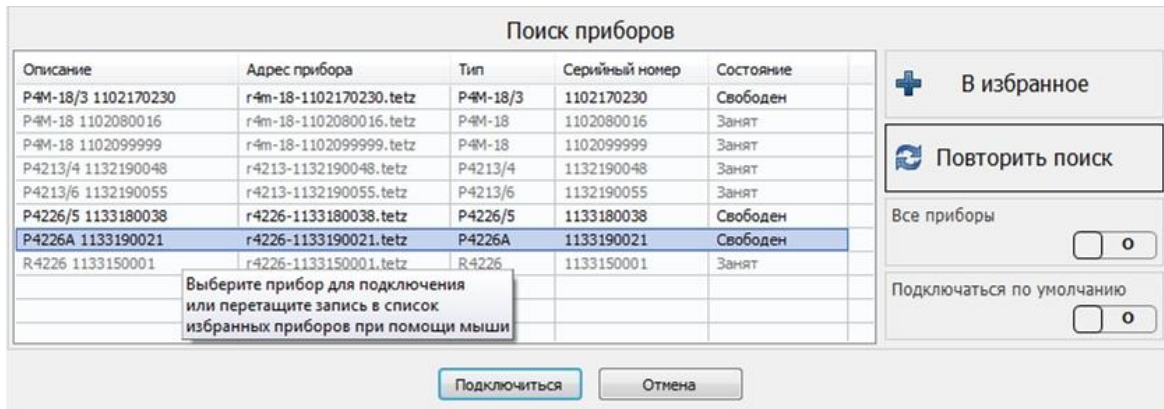



Рис. 31. Подключение к ВАЦ

4. Сбросить настройки программного обеспечения Graphit по умолчанию, для этого нажать кнопку «Восстановить начальные параметры» ;
5. В панели управления «Мощность» установить параметры мощности зондирования 0 дБм, рис. 32;

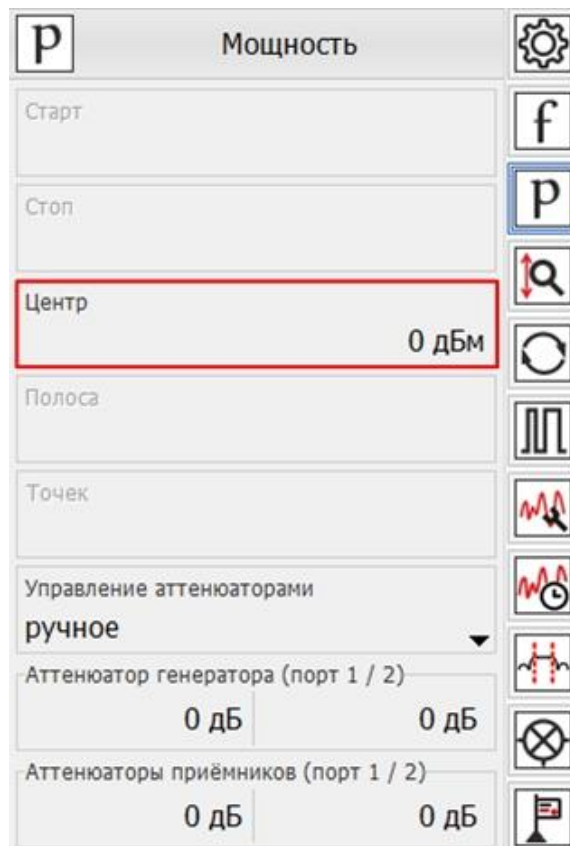


Рис. 32. Установка мощности зондирования для измерения смесителя «MD616»

6. В панели управления «Частота» установить частотный **диапазон зондирования**, рис. 33;

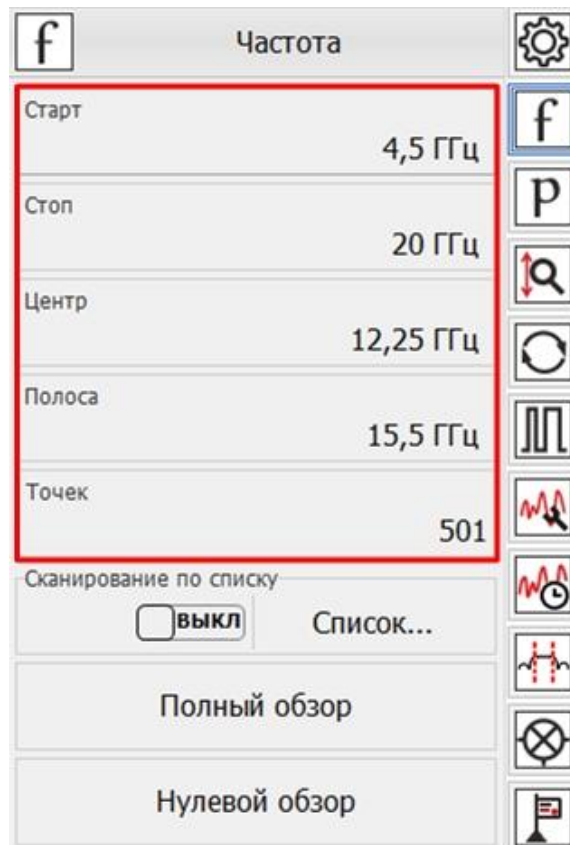


Рис. 33. Установка частотного диапазона зондирования

7. Выбрать в главном меню *Калибровка* -> *Мастер калибровки*. Настроить мастер калибровки, рис. 34;

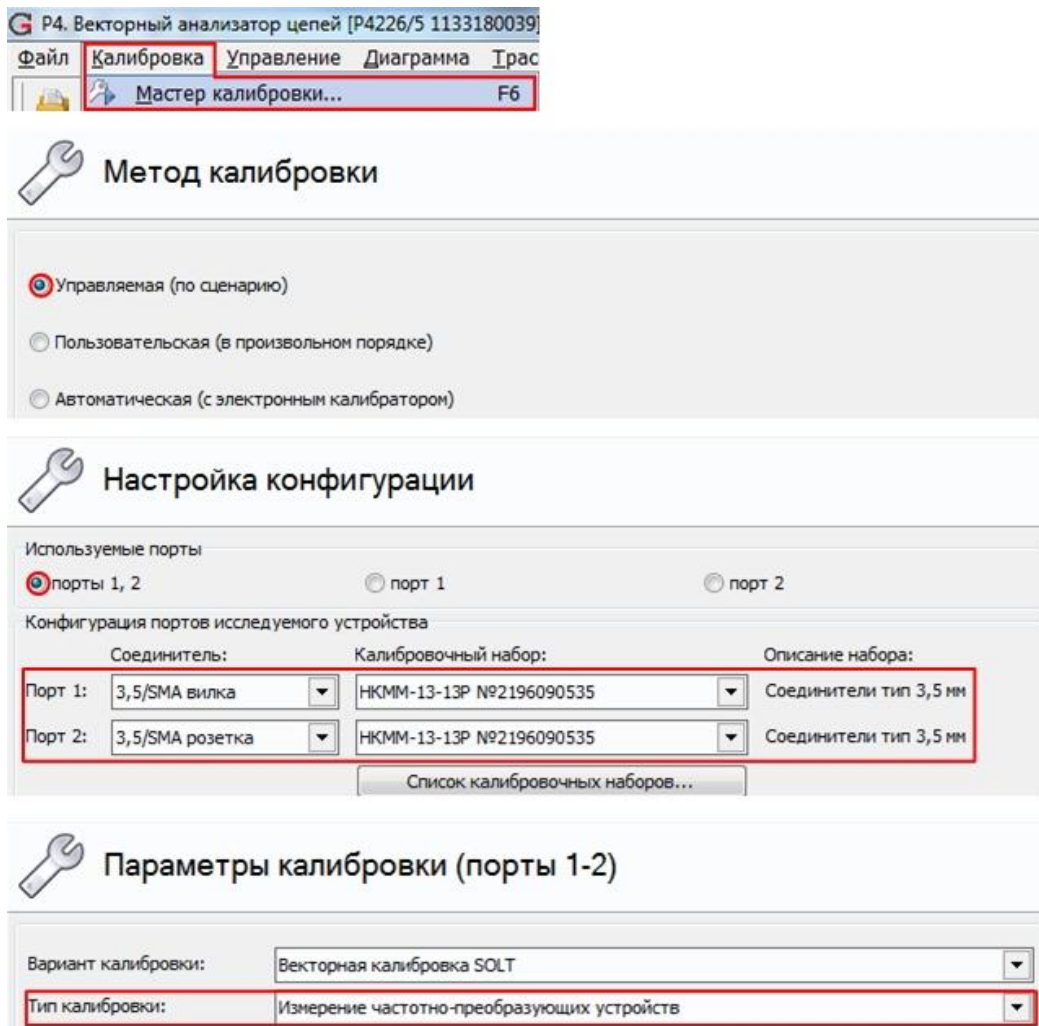


Рис. 34. Настройка мастера калибровки для измерения смесителя «MD616»

8. Настроить параметры преобразования частоты в мастере калибровки, рис. 35. В открывшемся диалоговом окне поля для ввода «F1» и «P1» не доступны для изменения, и содержат диапазоны частот зондирующего сигнала первого порта. Чтобы изменить эти параметры, следует закрыть мастер калибровки и вернуться к шагу 6.

В полях ввода «FГ» и «PГ» задаётся диапазон частот и мощность внешнего генератора гетеродина. Коэффициенты преобразования a, b, c, d, определяющие значение преобразованной частоты задаются в соответствии с формулой:

$$f_2 = \frac{a}{b} f_1 + \frac{c}{d} f_{\Gamma} + f_{\text{см}}, \text{ где}$$

- f_1 – частота зондирующего сигнала и приёмников первого порта;
- f_2 – частота зондирующего сигнала и приёмников второго порта;
- f_{Γ} – частота гетеродина (при отсутствии внешнего гетеродина множитель «с» задается равным нулю);
- $f_{\text{см}}$ – смещение частоты, представляющее дополнительную отстройку;
- a – множитель частоты первого порта;
- b – делитель частоты второго порта;
- c – множитель частоты гетеродина;
- d – делитель частоты гетеродина.

В недоступных для изменения полях «F2» отображается диапазон преобразованных частот. В недоступном для изменения поле «P2» отображается мощность зондирования вторым портом, равная мощности зондирования первым портом плюс «Смещение мощности» для порта 2, задаваемое в окне «Конфигурация портов» (по умолчанию 0 дБ);

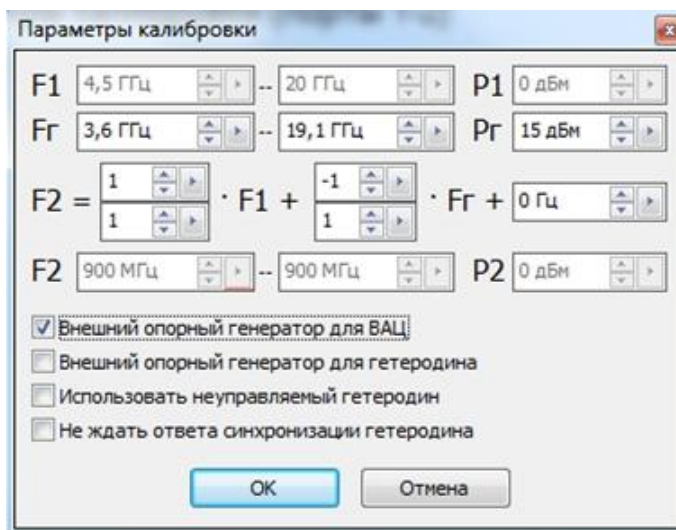


Рис. 35. Настройка параметров преобразования частоты в мастере калибровки

9. Следуя указаниям мастера калибровки провести первые семь пунктов калибровки, рис. 36. **Первые семь пунктов проводятся без использования «калибровочного» смесителя** с помощью набора калибровочных мер или электронного калибратора;

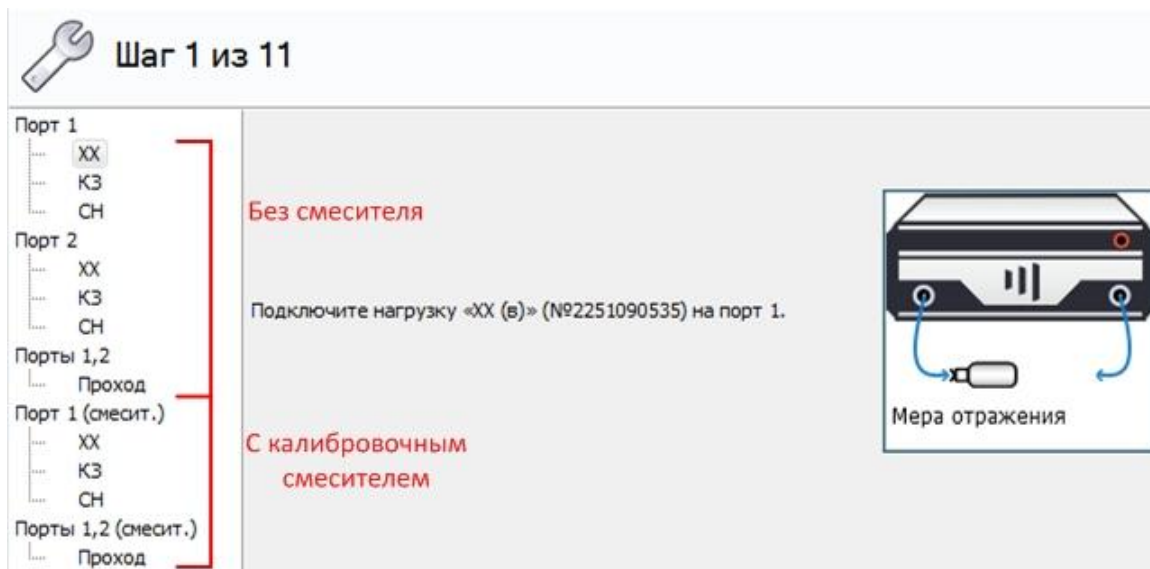


Рис. 36. Этапы калибровки с преобразованием частоты

10. Собрать схему для калибровки с «калибровочным» смесителем, рис. 37.

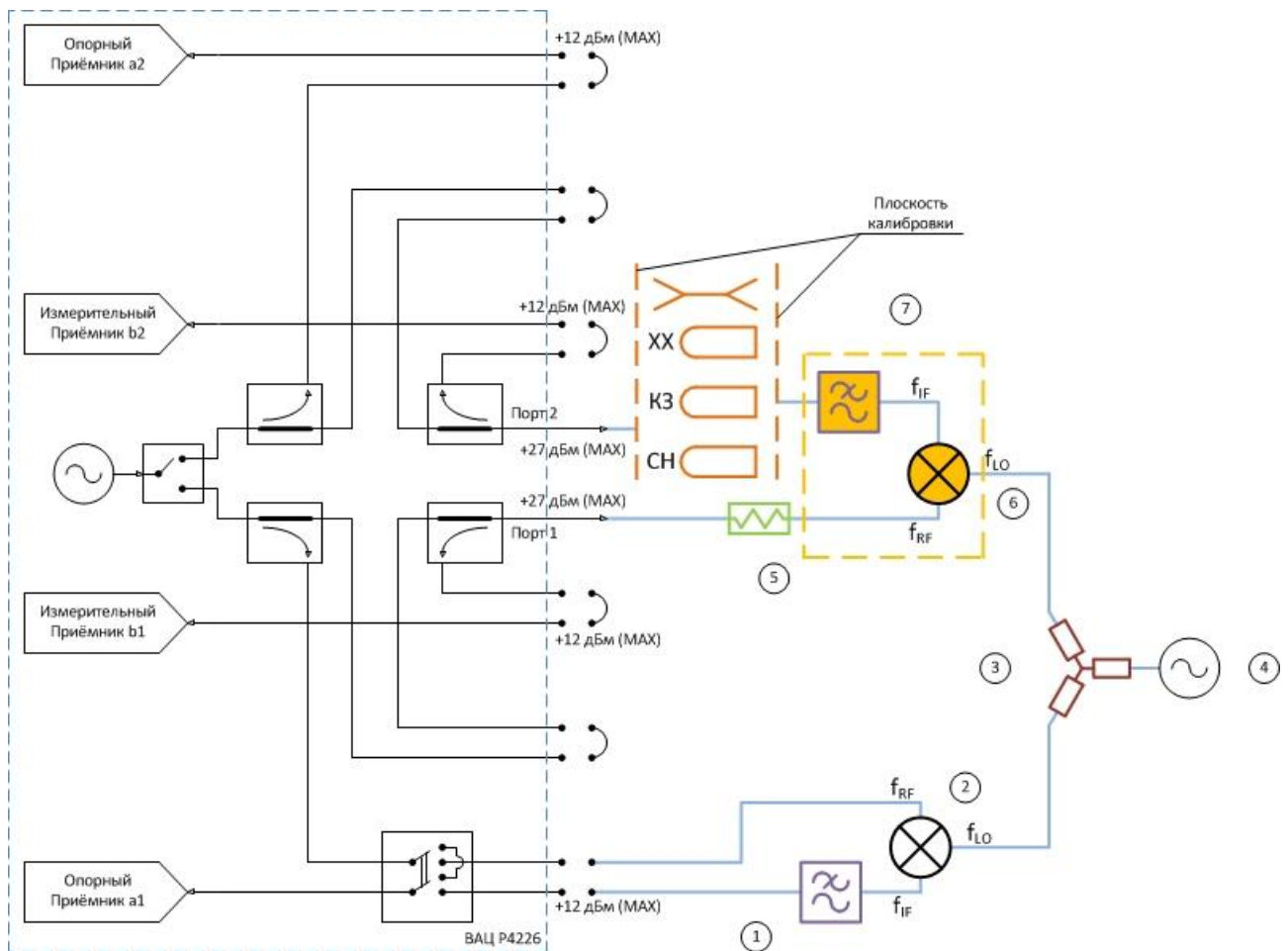


Рис. 37. Калибровка с использованием «калибровочного» смесителя:

- 1) фильтр ПЧ для опорного приёмника; 2) опорный смеситель; 3) делатель мощности; 4) генератор сигнала гетеродина;
- 5) согласующий аттенуатор; 6) калибровочный смеситель; 7) фильтр ПЧ для измерительного приёмника.

11. Провести дальнейшие этапы калибровки S – параметров с использованием «калибровочного смесителя» следуя указаниям мастера калибровки. «Калибровочный» смеситель должен работать в требуемом диапазоне частот, его коэффициент преобразования SC_{21} должен быть более минус 10 дБ, его изоляция $|S_{21}|$ должна быть не хуже -20 дБ. «Опорный» смеситель должен работать в требуемом частотном диапазоне;

12. Заменить «калибровочный» смеситель «MD621» на измеряемый «MD616», рис. 38;

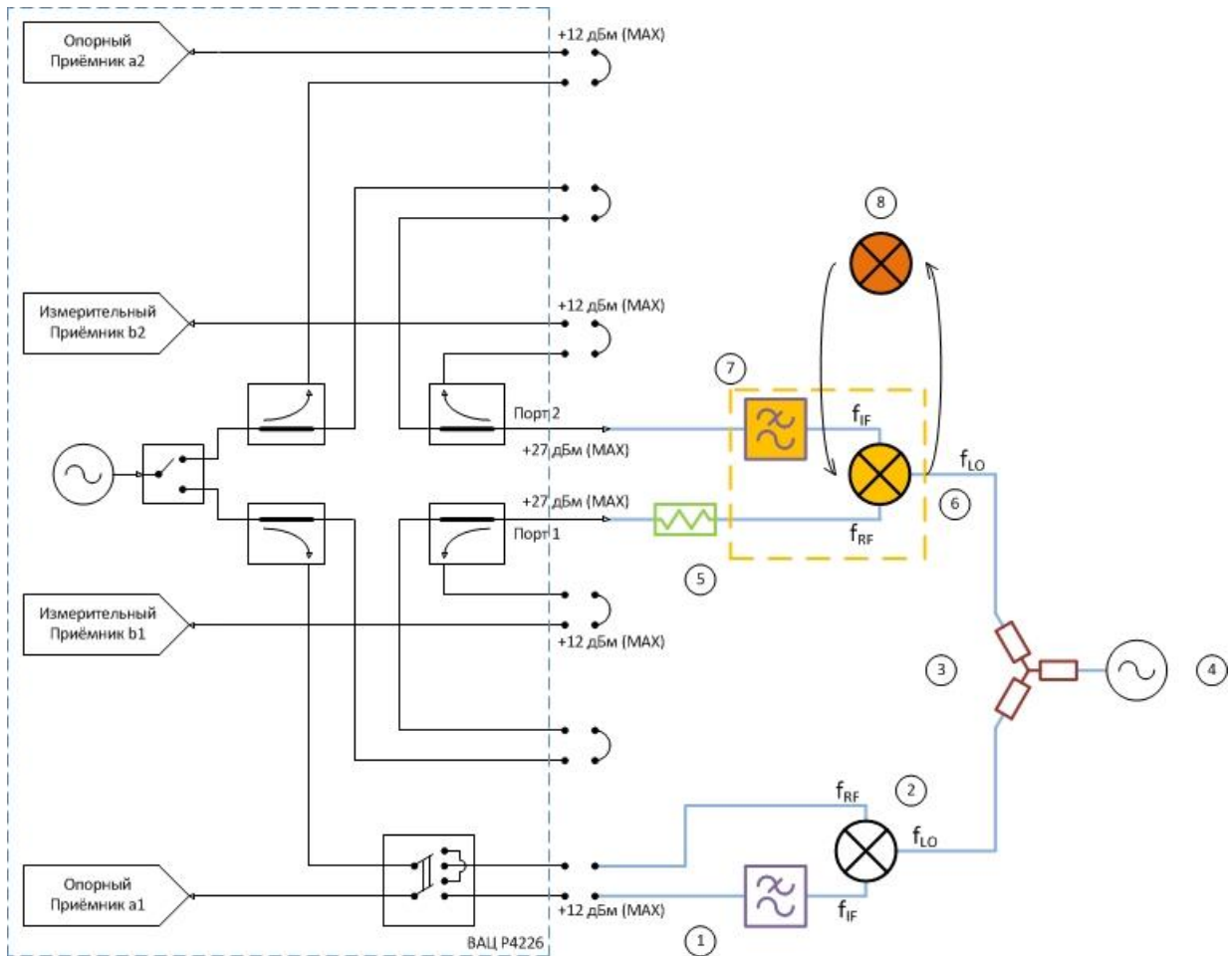


Рис. 38. Замена «калибровочного» смесителя «MD621» на измеряемый «MD616»:

- 1) фильтр ПЧ для опорного приёмника; 2) опорный смеситель; 3) делитель мощности; 4) генератор сигнала гетеродина;
- 5) согласующий аттенуатор; 6) калибровочный смеситель; 7) фильтр ПЧ для измерительного приёмника; 8) измеряемый смеситель «MD616».

13. Создать измерительную трассу для комплексного коэффициента преобразования, рис. 39. Результаты измерения приведены на рис. 40;

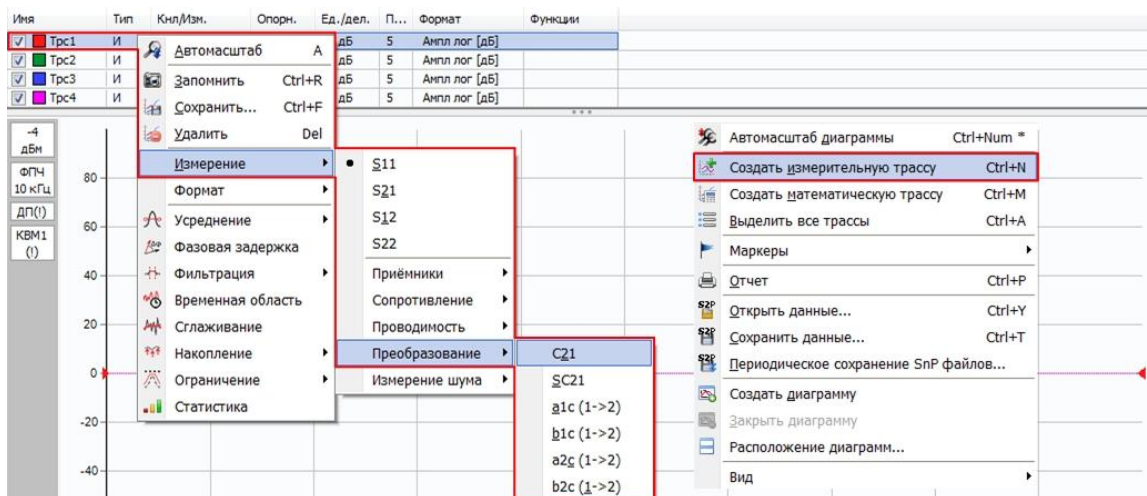
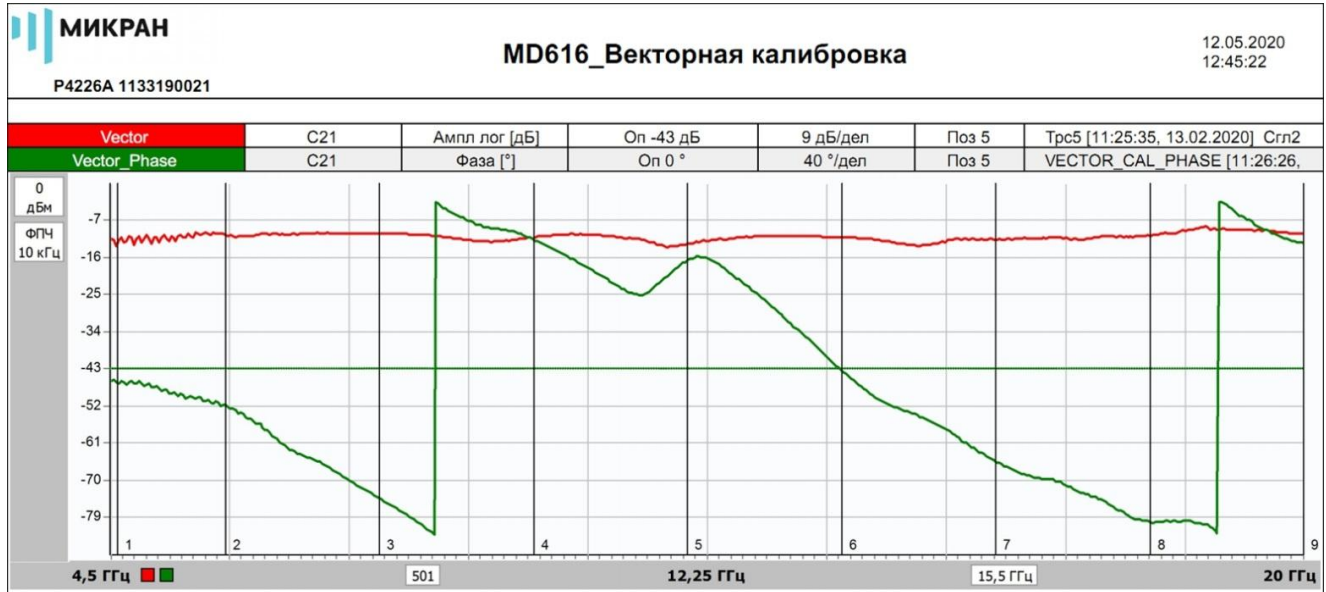


Рис. 39. Создание трассы для комплексного коэффициента преобразования C_{21}



Маркеры	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Позиция	4,600000 ГГц	6,000000 ГГц	8,000000 ГГц	10,000000 ГГц	12,000000 ГГц	14,000000 ГГц	16,000000 ГГц	18,000000 ГГц	20,000000 ГГц
Vector	-12,399 дБ (!)	-10,638 дБ (!)	-10,244 дБ (!)	-11,303 дБ (!)	-12,827 дБ (!)	-11,257 дБ (!)	-11,777 дБ (!)	-10,891 дБ (!)	-10,421 дБ
Vector_Phase	-16,216 ° (!)	-39,691 ° (!)	-140,156 ° (!)	138,324 ° (!)	116,912 ° (!)	-2,850 ° (!)	-100,805 ° (!)	-165,913 ° (!)	134,324 °

Рис. 40. Результаты измерения комплексного коэффициента преобразования C_{21} смесителя «MD616»