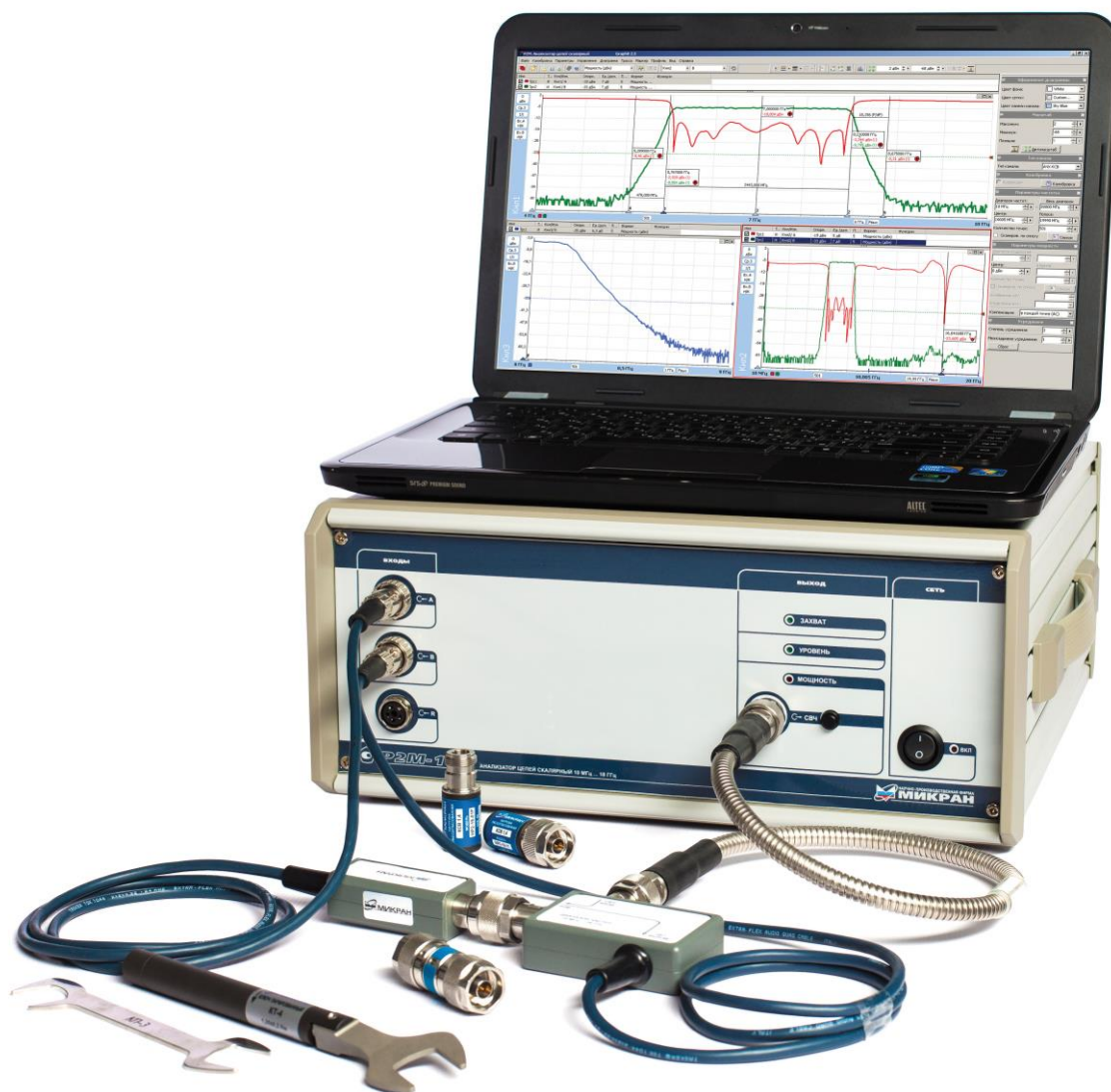


ИНСТРУКЦИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ СКАЛЯРНЫЕ АНАЛИЗАТОРЫ ЦЕПЕЙ P2M



ИЗМЕРЕНИЕ МОДУЛЕЙ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПЕРЕДАЧИ И ОТРАЖЕНИЯ В ВОЛНОВОДНОМ ТРАКТЕ



Анализаторы цепей скалярные серии P2M (далее — анализаторы P2M) предназначены для измерений модуля коэффициента передачи (КП), модуля коэффициента отражения (КО), коэффициента стоячей волны по напряжению (КСВН), мощности и для формирования непрерывных гармонических сигналов. Дополнительные режимы работы анализатора P2M позволяют контролировать динамические характеристики, групповое время задержки, параметры устройств с преобразованием по частоте и параметры устройств в импульсном режиме.

Область применения скалярных анализаторов цепей (САЦ) — исследование, настройка, испытания, контроль при производстве высокочастотных (ВЧ) и сверхвысокочастотных (СВЧ) устройств, используемых в радиоэлектронике, связи, радиолокации, измерительной технике.

Принцип действия анализаторов P2M основан на выделении высокочастотных электромагнитных волн (падающей, прошедшей через исследуемое устройство и отраженной от его входов), преобразовании их в низкочастотные напряжения, пропорциональные мощности этих волн, измерении напряжений и расчете модуля КП, модуля КО и КСВН. Выделение и преобразование электромагнитных волн в низкочастотное напряжение производится с помощью детекторных головок и датчиков КСВ.

Ответвители двухканальные волноводные серии ОНВ2 (далее — ОНВ2) предназначены для разделения падающих и отраженных волн и применяются в комплексе с САЦ для измерения модуля коэффициента отражения и передачи в волноводном тракте. Изделие выполнено по схеме двух сонаправленных волноводных направленных ответвителей, имеющих в качестве портов ответвленного сигнала коаксиальные соединители. Общая схема измерения с использованием опорного канала скалярного анализатора серии P2M представлена на рисунке 1. Корпуса волноводных ответвителей изготовлены из алюминиевого сплава, покрытого слоем никеля, обеспечивающим высокую коррозионную стойкость изделия. Волноводные ответвители имеют высокую стабильность параметров при большом количестве циклов соединений.

Анализаторы P2M имеют три независимых измерительных входа, что позволяет проводить одновременно несколько измерений. При проведении измерений в волноводных трактах необходимо использовать опорный канал «R»(Reference).

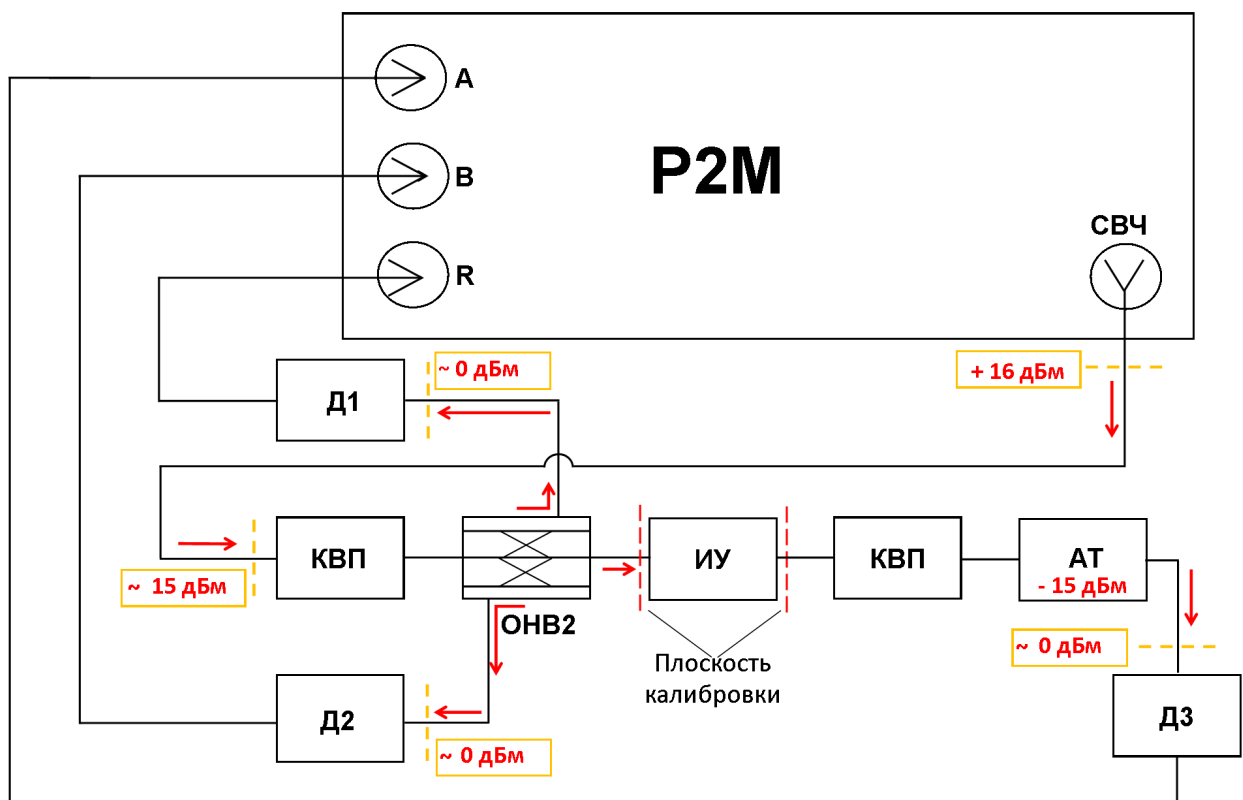


Рисунок 1. Общая схема измерения с использованием опорного канала скалярного анализатора P2M в волноводном тракте.

Д1 – детекторная головка опорного канала; Д2 – детекторная головка, измеряющая модуль КО; Д3 – детекторная головка, измеряющая модуль КП; КВП – коаксиально-волноводный переход; АТ-аттенуатор; ИУ – измеряемое устройство.

При измерении модуля КП с помощью двухканального волноводного ответвителя необходимо обеспечить дополнительное согласование входа детекторной головки опорного канала (Д1) с входом детекторной головки, измеряющей модуль КП (Д3). Для этого рекомендуется устанавливать на вход детекторной головки, измеряющей модуль КП (Д3), аттенуатор с известным ослаблением на частотах измерений.

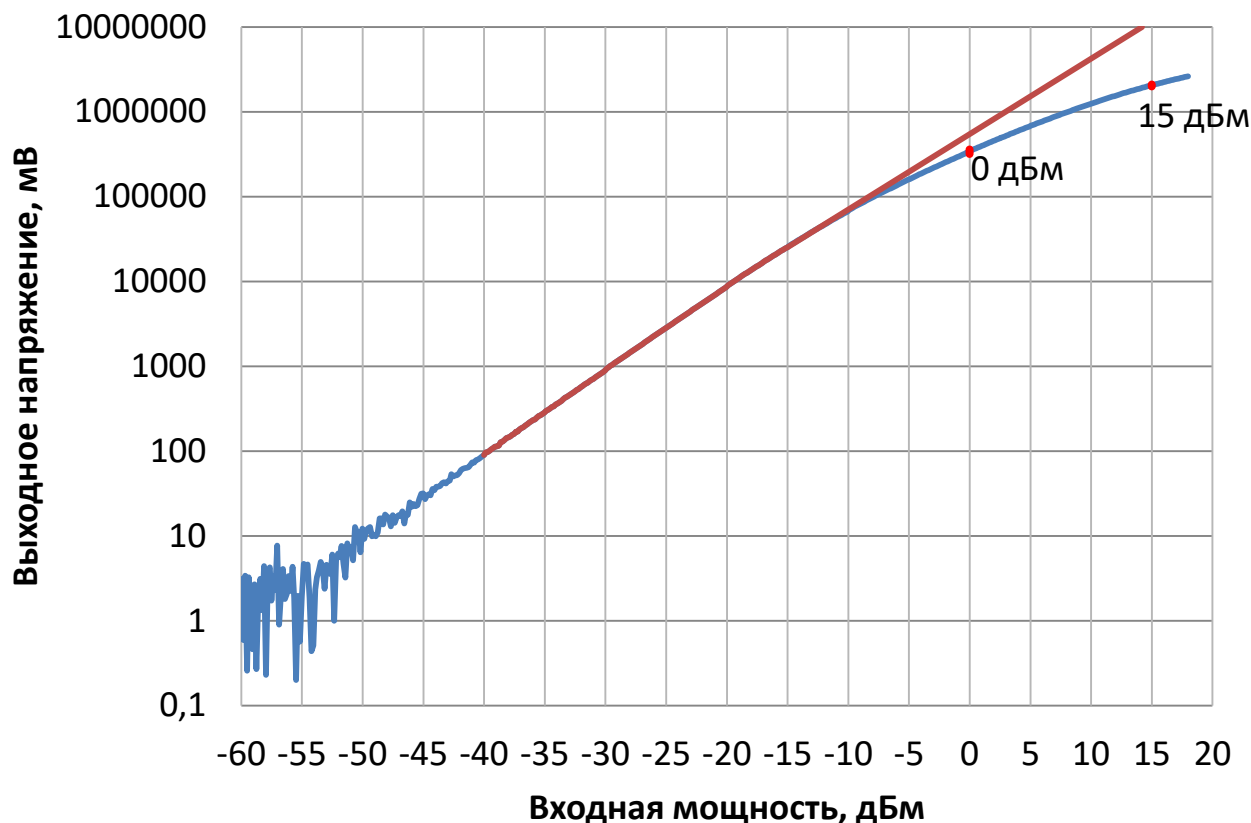


Рисунок 2. Графики зависимостей выходного напряжения от входной мощности детекторов Д42-20.
Красным – идеальная динамическая характеристика; **Синим** – реальная динамическая характеристика.

Зависимость выходного напряжения от уровня входной мощности, называемая детекторной характеристикой, представлена на рисунке 2. Как видно из графика, детекторная характеристика имеет нелинейный характер. При подключении детекторных головок к разным портам ОНВ2 уровни детектируемой мощности различны. Разный уровень детектируемой мощности создаёт дополнительную погрешность измерений.

При измерении модуля КП с помощью двухканального волноводного ответвителя необходимо чтобы мощность, поступающая на вход детекторной головки опорного канала (Д1), была равна мощности, поступающей на вход детекторной головки (Д3), измеряющей модуль КП. В измерениях, описанных ниже: мощность, поступающая на вход детекторной головки опорного канала, ~0 дБм благодаря ответвлению ОНВ2; мощность, поступающая на вход детекторной головки, измеряющей модуль КП, ~-15 дБм из-за вносимых потерь элементов измерительной схемы, рисунок 1. В качестве устройства, позволяющего добиться равного уровня входной мощности, используется аттенюатор коаксиальный с ослаблением 15 дБ (соответствует ответвлению ОНВ2), установленный на вход детекторной головки, измеряющей модуль КП.

Измерение модулей коэффициентов передачи и отражения с помощью двухканального волноводного ответвителя

В качестве примера проведем измерение модулей коэффициентов передачи и отражения волноводных аттенуаторов с сечением 23 × 10 мм, ослаблением 3 дБ и 30 дБ с помощью двухканального волноводного ответвителя по схеме, приведенной на рисунке 1.

1. Подготовить P2M к работе.
2. Запустить программное обеспечение Graphit.
3. Осуществить подключение к прибору, рисунок 3.

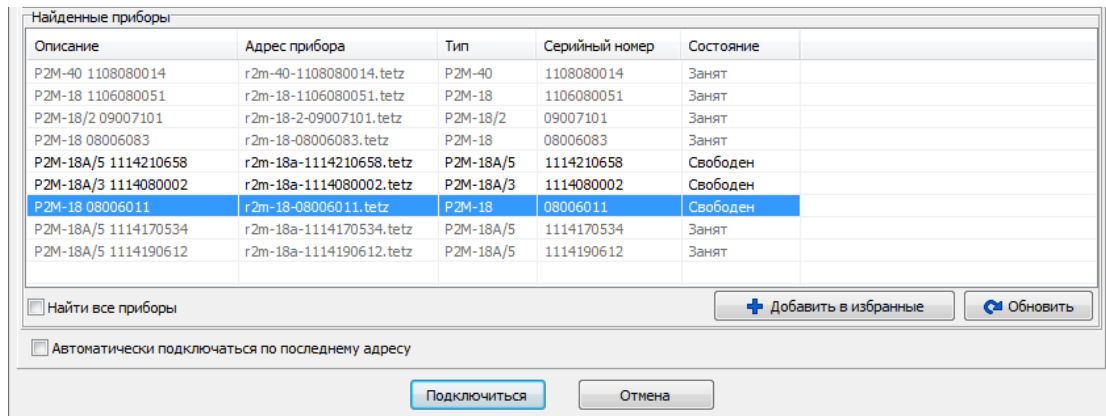


Рисунок 3. Подключение к P2M.

4. Сбросить настройки программного обеспечения Graphit по умолчанию, для этого нажать кнопку



«Восстановить начальные параметры».

5. В панели управления «Параметры мощности» установить мощность зондирования 16 дБм (максимальная выходная мощность для P2M-18), рисунок 4. **Следует помнить, что необходимо устанавливать мощность зондирования, учитывая максимально допустимый уровень входного сигнала для детекторной головки.**

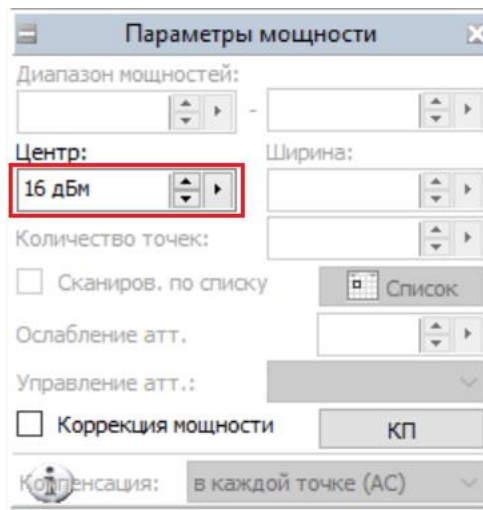


Рисунок 4. Задание мощности зондирования.

6. В панели управления «Параметры частоты» задать требуемый частотный диапазон измерений, рисунок 5.

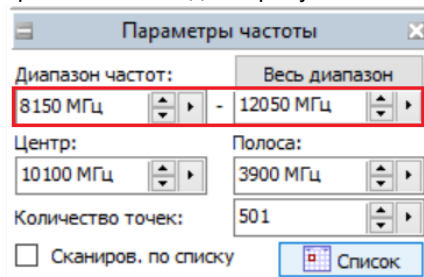


Рисунок 5. Задание частотного диапазона.

7. В списке трасс привязать трассу 1 к каналу A/R, рисунок 6.

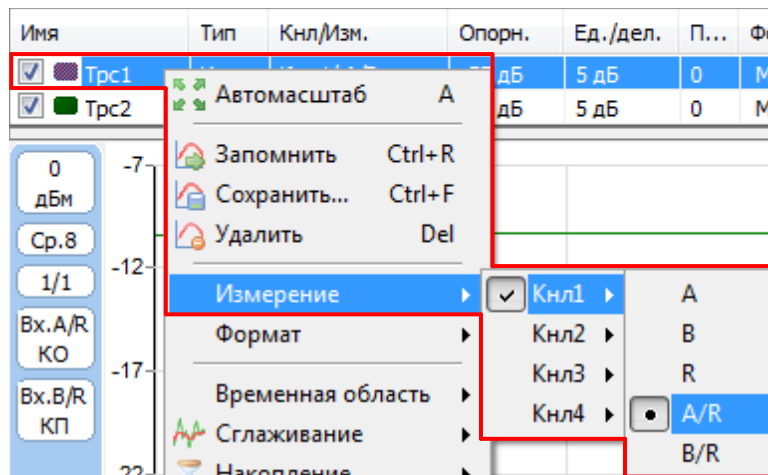


Рисунок 6. Привязка трассы 1 к каналу A/R.

8. В списке трасс привязать трассу 2 к каналу B/R, рисунок 7.

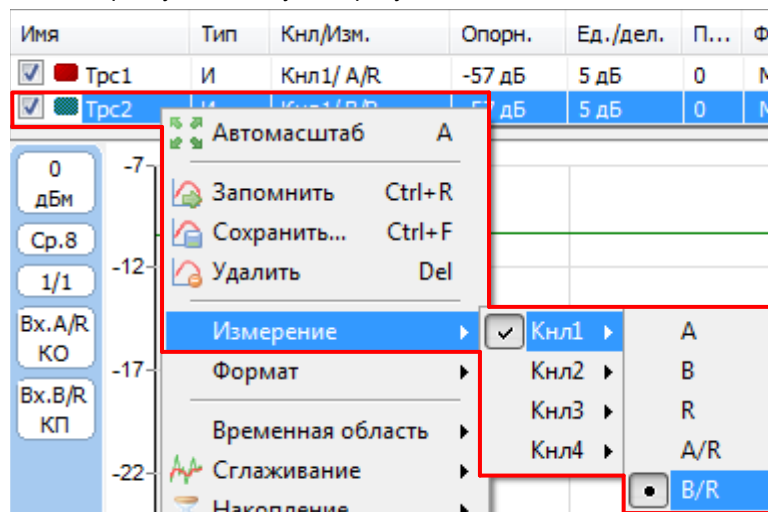


Рисунок 7. Привязка трассы 2 к каналу B/R.

9. Задать детекторные характеристики для используемых детекторных головок, для этого выбрать в главном меню *Параметры* -> *Детекторы и датчики КСВ...*

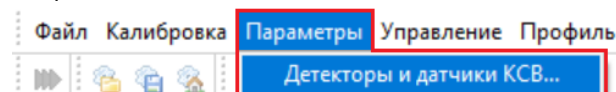


Рисунок 8. Выбор детекторных характеристик используемых устройств.

10. В списке трасс выбрать трассу 1. Выбрать в главном меню *Калибровка* -> *Калибровка...* В окне «Мастер калибровки» выбрать «Модуль КО». Провести калибровку, поочередно подключая к открытому концу волноводного ответвителя меры XX (холостого хода) и КЗ (короткого замыкания) по схеме, приведенной на рисунке 9, следуя указаниям мастера калибровки, рисунок 10.

Под мерой ХХ подразумевается использование четвертьволнового отрезка и короткозамыкающей пластины, под мерой КЗ – только короткозамыкающая пластина.

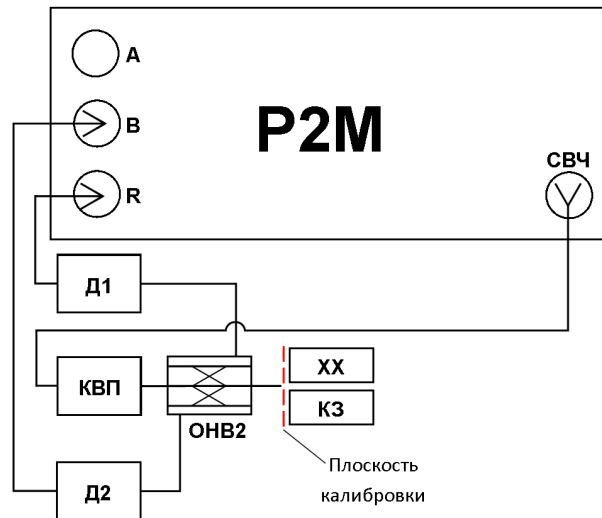


Рисунок 9. Проведение калибровки КО с использованием волноводного ответвителя.

Имя	Тип	Кнл/Мзм.	Опорн.	Ед./дел.	Поз.	Формат	Функции
Трс1	И	Кнл1/ В	-20 дБм	10 дБ	5	Мощность (дБм)	
Трс2	И	Кнл1/ А	-20 дБм	10 дБ	5	Мощность (дБм)	

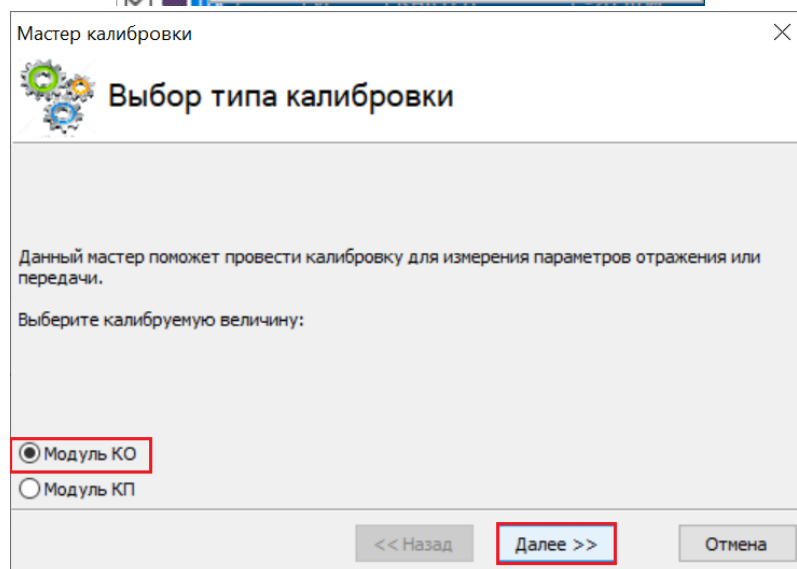
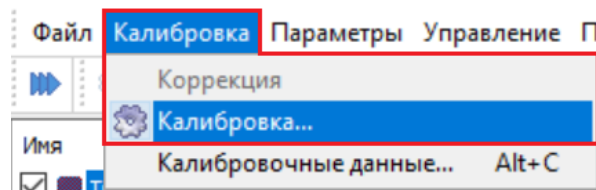


Рисунок 10. Настройка параметров калибровки модуля КО.

- В списке трасс выбрать трассу 2. Далее выбрать в главном меню *Калибровка* -> *Калибровка...* В окне «Мастер калибровки» выбрать «Модуль КП». Подключить открытый конец волноводного ответвителя к КВП по схеме, приведенной на рисунке 11, провести калибровку, следуя указаниям мастера калибровки, рисунок 12.

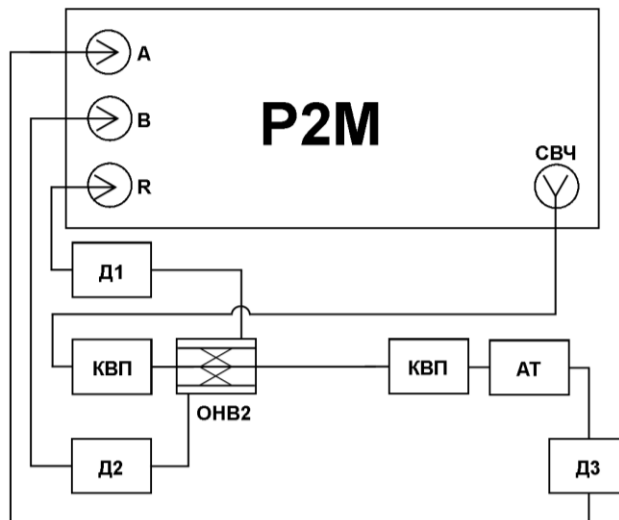


Рисунок 11. Проведение калибровки КП с использованием волноводного ответвителя.

Имя	Тип	Клн/Изн.	Опорн.	Ед./дел.	Поз.	Формат	Функции
Трс1	И	Клн1/ В	-20 дБ	10 дБ	5	Модуль КО (дБ)	
Трс2	И	Клн1/ А	-20 дБн	10 дБ	5	Мощность (дБн)	

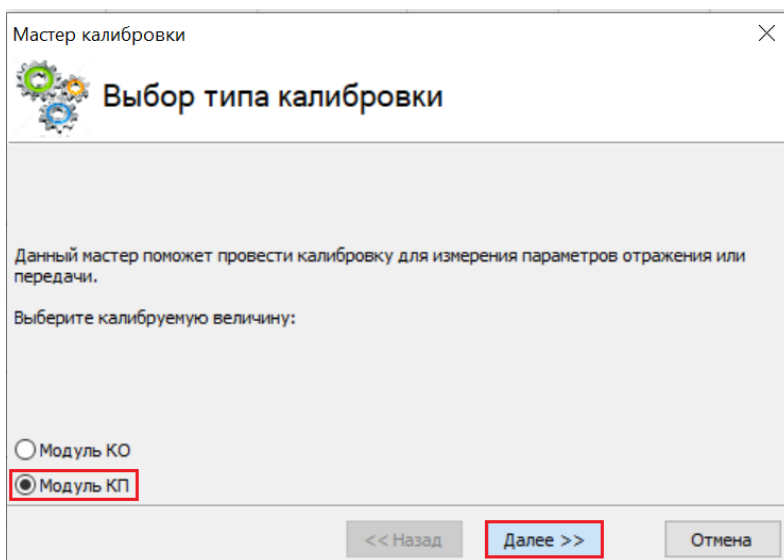
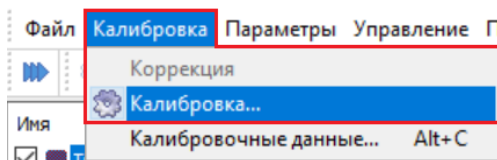


Рисунок 12. Настройка параметров калибровки модуля КП.

12. Подключить измеряемое устройство, как показано на рисунке 1.
13. При необходимости выбрать в списке трасс измерительные трассы и привести их к одному масштабу.

14. Для сравнения были проведены измерения модулей коэффициентов отражения и передачи волноводного аттенюатора с ослаблением 3 дБ:
- САЦ с использованием направленного ответвителя;
 - САЦ без использования направленного ответвителя (по схеме рисунок 13);
 - с помощью [векторного анализатора цепей P4226 «Панорама»](#) (ВАЦ), который можно рассматривать в качестве эталона.

Судить о погрешности измерений двух методов можно по воспроизводимости, которая рассчитывается по формуле (1).

Условия воспроизводимости (измерений): Один из наборов условий измерений, включающий разные местоположения, **разные средства измерений**, участие разных операторов и выполнение повторных измерений на одном и том же или аналогичных объектах.

$$\Delta[\text{дБ}] = |A[\text{дБ}] - B[\text{дБ}]| \quad (1)$$

где A — значения, полученные с помощью скалярного анализатора P2M-18A, B — значения, полученные с помощью векторного анализатора цепей.

Аттенюатор не является мерой коэффициента отражения, но является мерой коэффициента передачи. Сравнение модуля коэффициента отражения от волноводного аттенюатора приведено для качественной оценки методов измерений (низкий уровень КО аттенюатора). Вопрос воспроизводимости измерений модуля коэффициента отражения рассмотрен ниже в пункте **«Сравнение воспроизводимости измерений модуля коэффициента отражения нагрузок рассогласованных»**.

Результаты измерений модулей коэффициентов отражения и передачи для различных схем с аттенюатором 3 дБ и их воспроизводимостей представлены на рисунках 14-17.

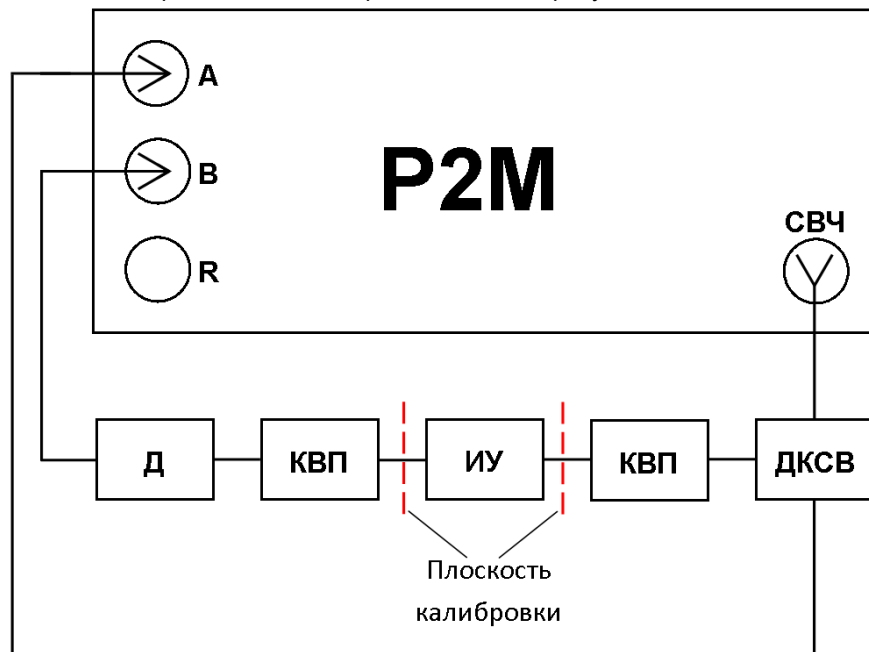


Рис 13. Схема измерения модулей КО и КП с использованием датчика КСВ (без ОНВ2).

Д – детекторная головка; ДКСВ – датчик КСВ; КВП – коаксиально-волноводный переход; ИУ – измеряемое устройство.



Рисунок 14. Сравнение измерений модулей коэффициентов отражения различных схем с аттенуатором 3 дБ.

Красным – ВАЦ; **Синим** – САЦ без ОНВ2; **Зеленым** – САЦ с ОНВ2.



Рисунок 15. Сравнение **воспроизводимости** измерений модулей коэффициентов отражения различных схем с аттенуатором 3 дБ.

Красным – САЦ без ОНВ2; **Синим** – САЦ с ОНВ2.



Рисунок 16. Сравнение измерений модулей коэффициентов передачи различных схем с аттенуатором 3 дБ.

Красным – ВАЦ; **Синим** – САЦ без ОНВ2; **Зеленым** – САЦ с ОНВ2.

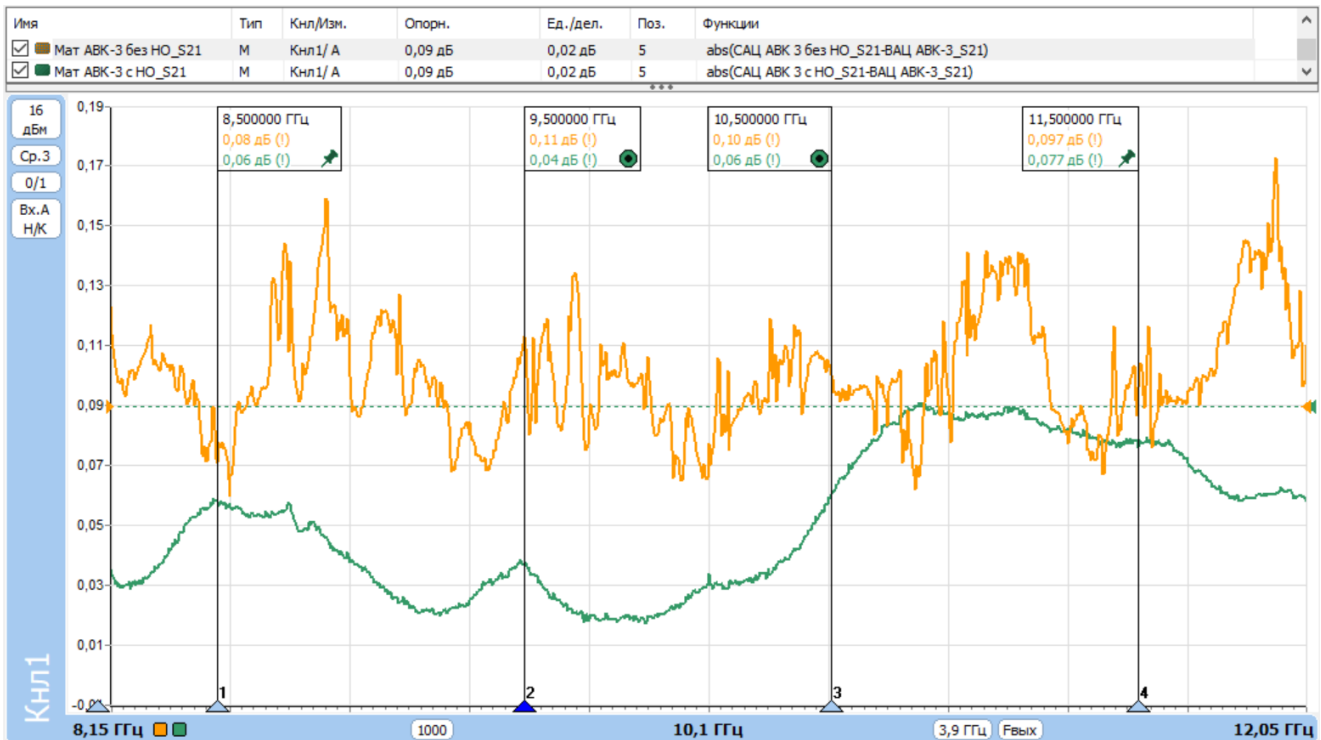


Рисунок 17. Сравнение **воспроизводимости** измерений модулей коэффициентов передачи различных схем с аттенуатором 3 дБ.

Оранжевым – САЦ без ОНВ2; **Зеленым** – САЦ с ОНВ2.

15. Аналогичным образом были проведены измерения модулей КП, КО и расчёты воспроизводимости модулей КП, КО для волноводного аттенюатора с ослаблением 30 дБ. Результаты измерений модулей коэффициентов отражения и передачи для различных схем с аттенюатором 30 дБ и их воспроизводимостей представлены на рисунках 18-21.

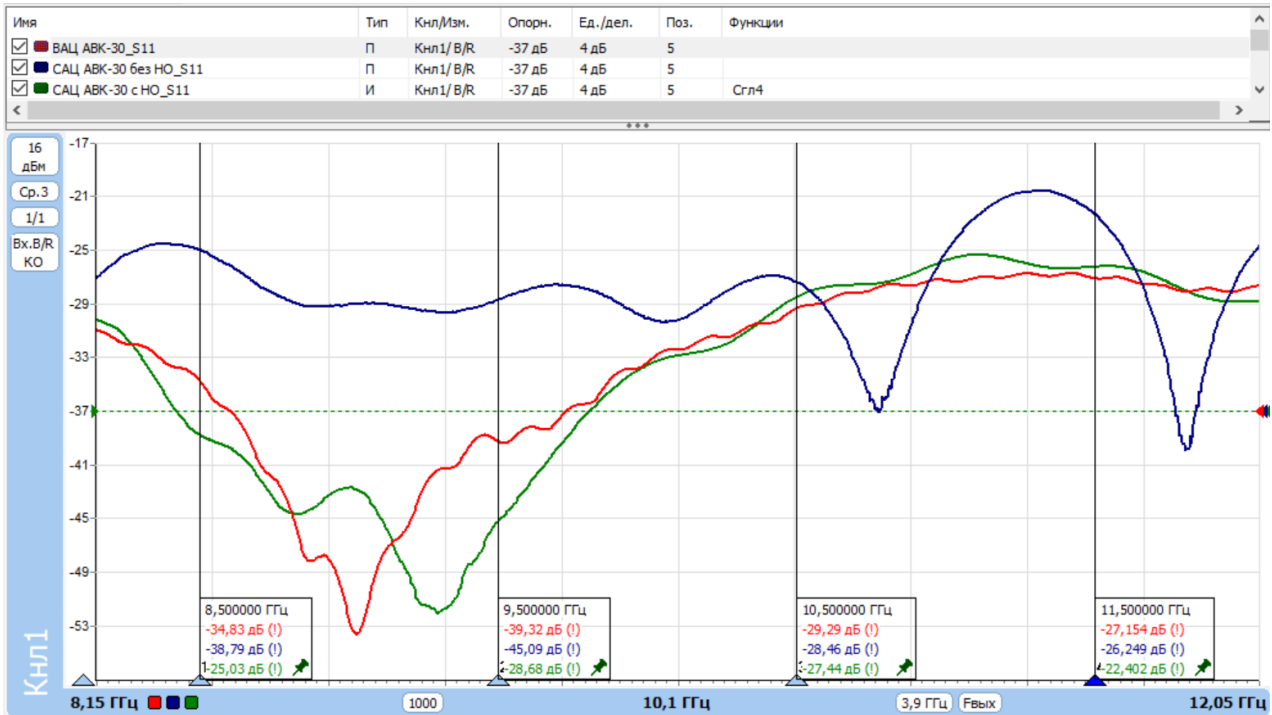


Рисунок 18. Сравнение измерений модулей коэффициентов отражения различных схем с аттенюатором 30 дБ.

Красным – ВАЦ; **Синим** – САЦ без ОНВ2; **Зеленым** – САЦ с ОНВ2.

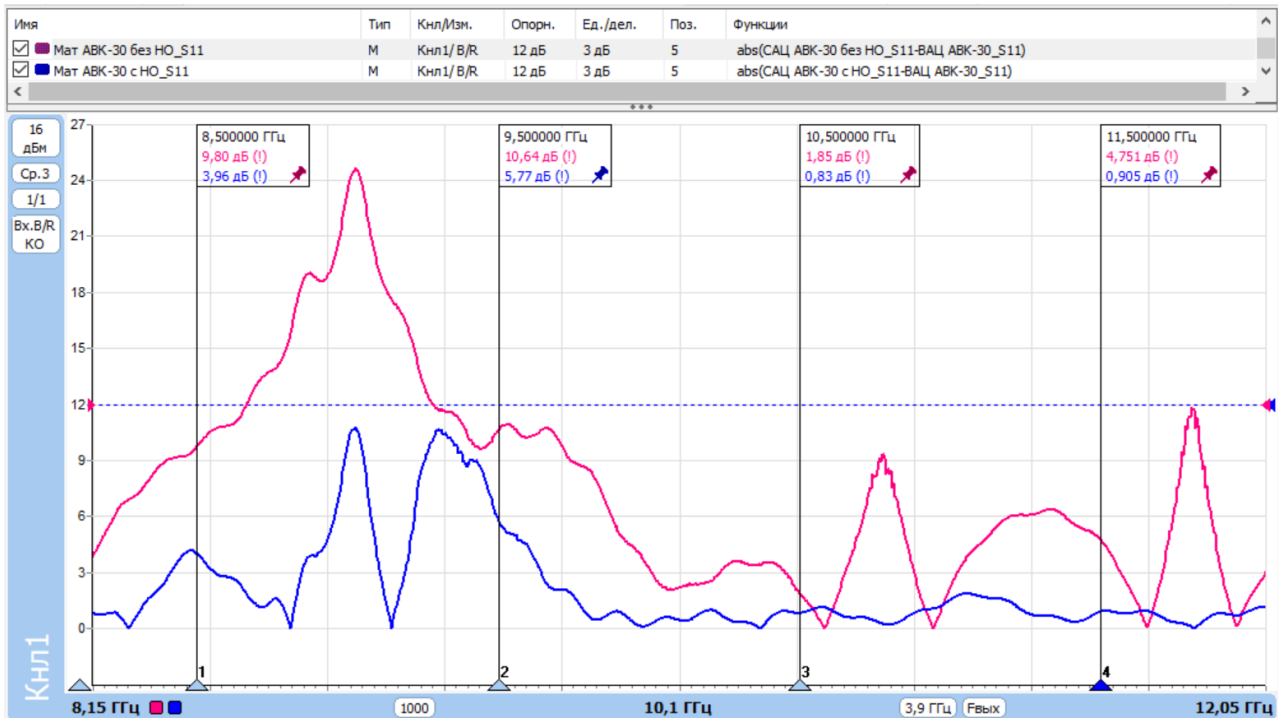


Рисунок 19. Сравнение воспроизводимости измерений модулей коэффициентов отражения различных схем с аттенюатором 30 дБ.

Красным – САЦ без ОНВ2; **Синим** – САЦ с ОНВ2.

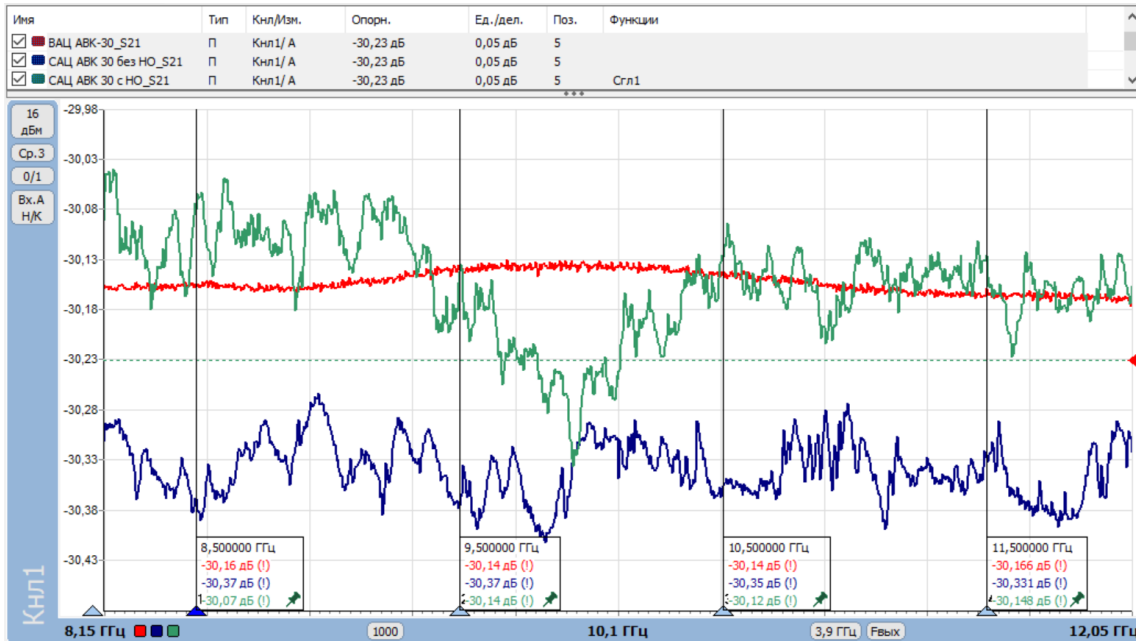


Рисунок 20. Сравнение измерений модулей коэффициентов передачи различных схем с аттенуатором 30 дБ.
Красным – ВАЦ; **Синим** – САЦ без ОНВ2; **Зеленым** – САЦ с ОНВ2.

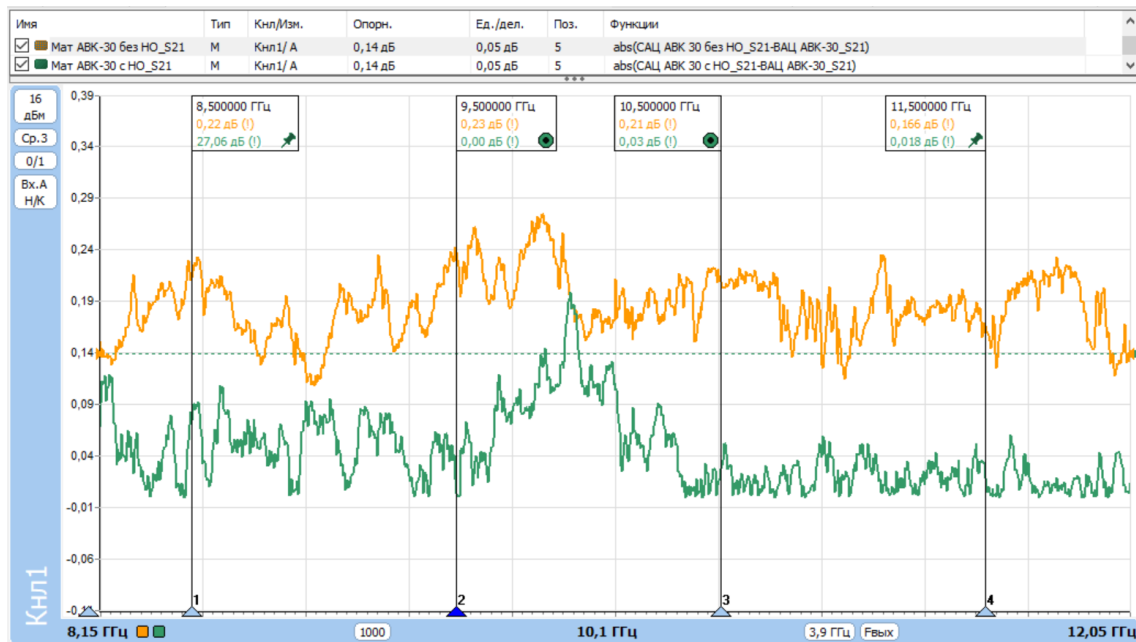


Рисунок 21. Сравнение **воспроизводимости** измерений модулей коэффициентов передачи различных схем с аттенуатором 30 дБ.
Оранжевым – САЦ без ОНВ2; **Зеленым** – САЦ с ОНВ2.

16. Полученные результаты позволяют сказать, что измерения с использованием направленного ответвителя обеспечивают лучшую воспроизводимость, а, следовательно, и меньшую погрешность измерений.

Для снижения влияния паразитных составляющих рекомендуется устанавливать полосовой фильтр соответствующего частотного диапазона на вход коаксиально-волнового перехода, установленного на входе ОНВ2.

Измерения с использованием датчика КСВ и коаксиально-волноводного перехода имеют значительную погрешность, поэтому такой тип измерений применять не рекомендуется.

Сравнение воспроизводимости измерений в зависимости от направленности используемого ответвителя

Измерения, приведенные выше, были проведены с использованием ОНВ2 с направленностью 40 дБ.

Для сравнения были проведены измерения модуля коэффициента отражения волноводного аттенуатора с ослаблением 30 дБ с использованием направленных ответвителей, направленность которых составляла 40 дБ и 33 дБ.

Направленный ответвитель предназначен для ответвления части сигнала из основного канала во вторичный. Переходное ослабление характеризует уровень ответвленной мощности. При изменении направления прохождения сигнала в идеальном случае во вторичную линию не должна поступать никакая мощность. Однако в реальности некоторое количество мощности все-таки будет просачиваться из основного канала. Сигнал, поступающий во вторичную линию в обратном направлении, характеризуется величиной развязки (рисунок 22).

Направленность (D) – это способность ответвителя разделять сигналы, проходящие в прямом и обратном направлении. Направленность определяется как отношение мощности, измеренной во вторичном канале в прямом направлении работы ответвителя, к мощности, измеренной во вторичном канале в обратном направлении.

В случае измерения модуля коэффициента отражения испытываемого устройства, направленность является одним из параметров, определяющих точность измерения.

Результат воспроизводимости измерений в зависимости от направленности используемого ответвителя с аттенуатором 30 дБ представлен на рисунке 23.

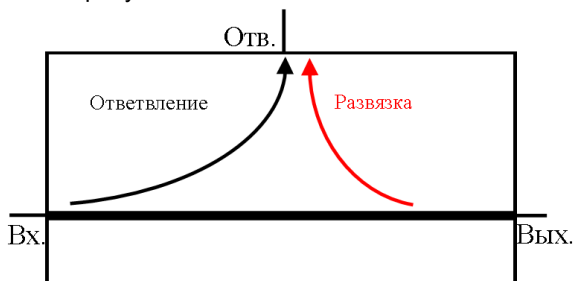


Рисунок 22. Схема путей прохождения ответвленной и паразитной волн реального направленного ответвителя.

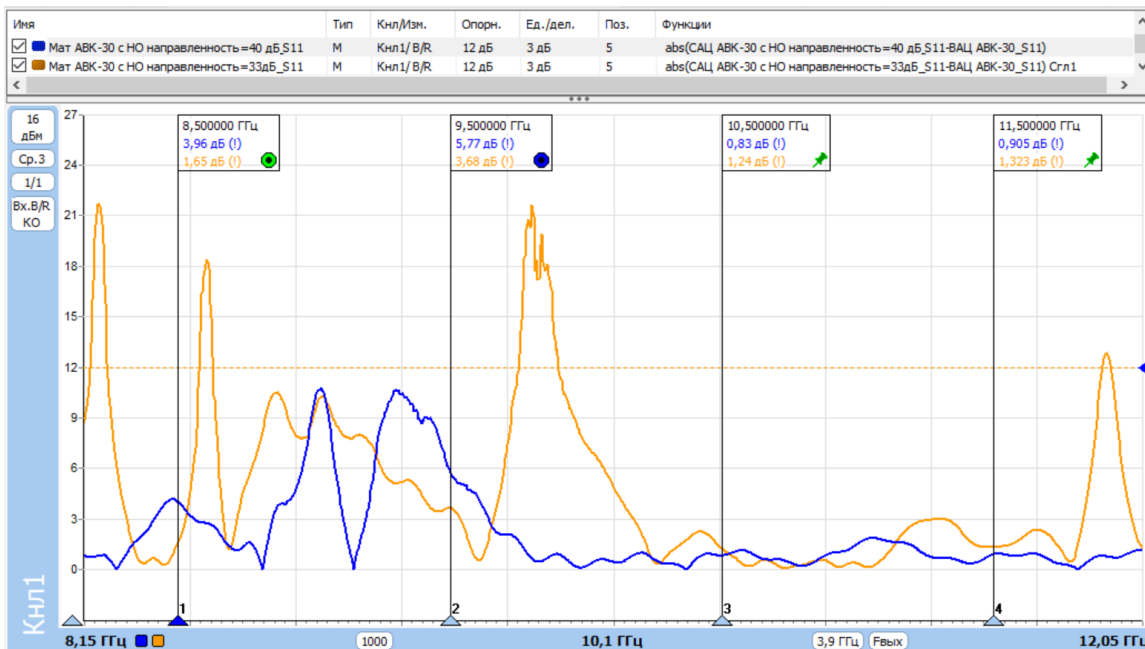


Рисунок 23. Сравнение воспроизводимости измерений в зависимости от направленности используемого ответвителя с аттенуатором 30 дБ.

Синим – САЦ с ОНВ2 направленность=40 дБ; **Оранжевым** – САЦ с ОНВ2 направленность=33 дБ.

Полученные результаты позволяют сказать, что измерения с использованием направленного ответвителя с большим значением направленности обеспечивают лучшую воспроизводимость. На основе этого можно сделать вывод: **чем больше направленность, тем меньше паразитный сигнал, поступающий на изолированный порт, что, соответственно, повышает точность измерения.**

Сравнение воспроизводимости измерений модуля коэффициента отражения нагрузок рассогласованных

Для сравнения воспроизводимости были проведены измерения модуля коэффициента отражения волноводных рассогласованных нагрузок (является мерой КСВН), номинальный КСВН которых составляет 1.2 и 2 (далее НР-1.2 и НР-2) :

- а) САЦ с использованием направленного ответвителя;
- б) САЦ без использования направленного ответвителя (по схеме рисунок 13);
- в) с помощью [векторного анализатора цепей P4226 «Панорама»](#) (ВАЦ), который можно рассматривать в качестве эталона.

Результаты измерений модулей коэффициентов отражения для различных схем с НР-1.2 и НР-2 и их воспроизводимостей представлены на рисунках 24-27.

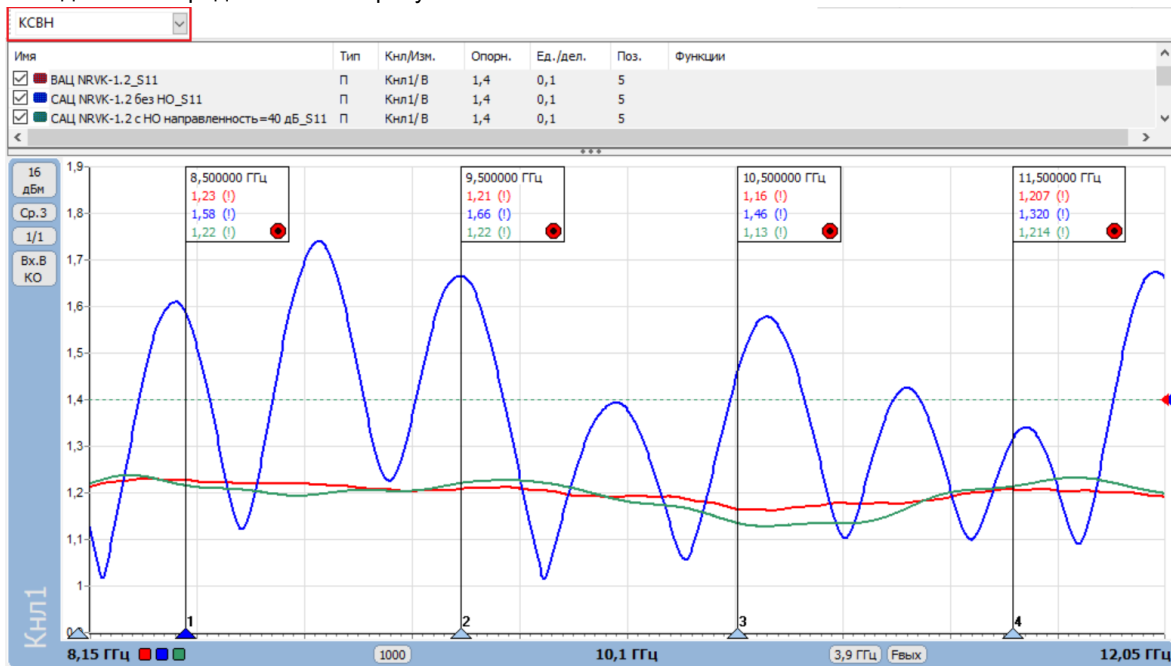


Рисунок 24. Сравнение измерений КСВН различных схем с НР-1.2
Красным – ВАЦ; **Синим** – САЦ без ОНВ2; **Зеленым** – САЦ с ОНВ2.

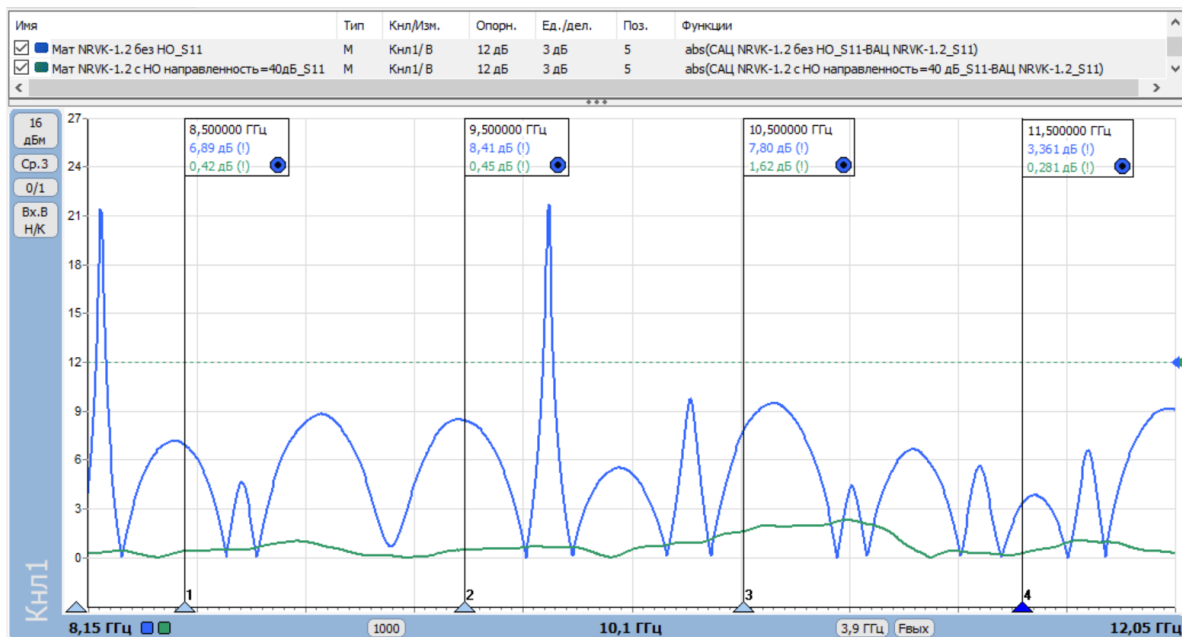


Рисунок 25. Сравнение **воспроизводимости** измерений модулей коэффициентов отражения различных схем с НР-1.2.
Синим – САЦ без ОНВ2; **Зеленым** – САЦ с ОНВ2.

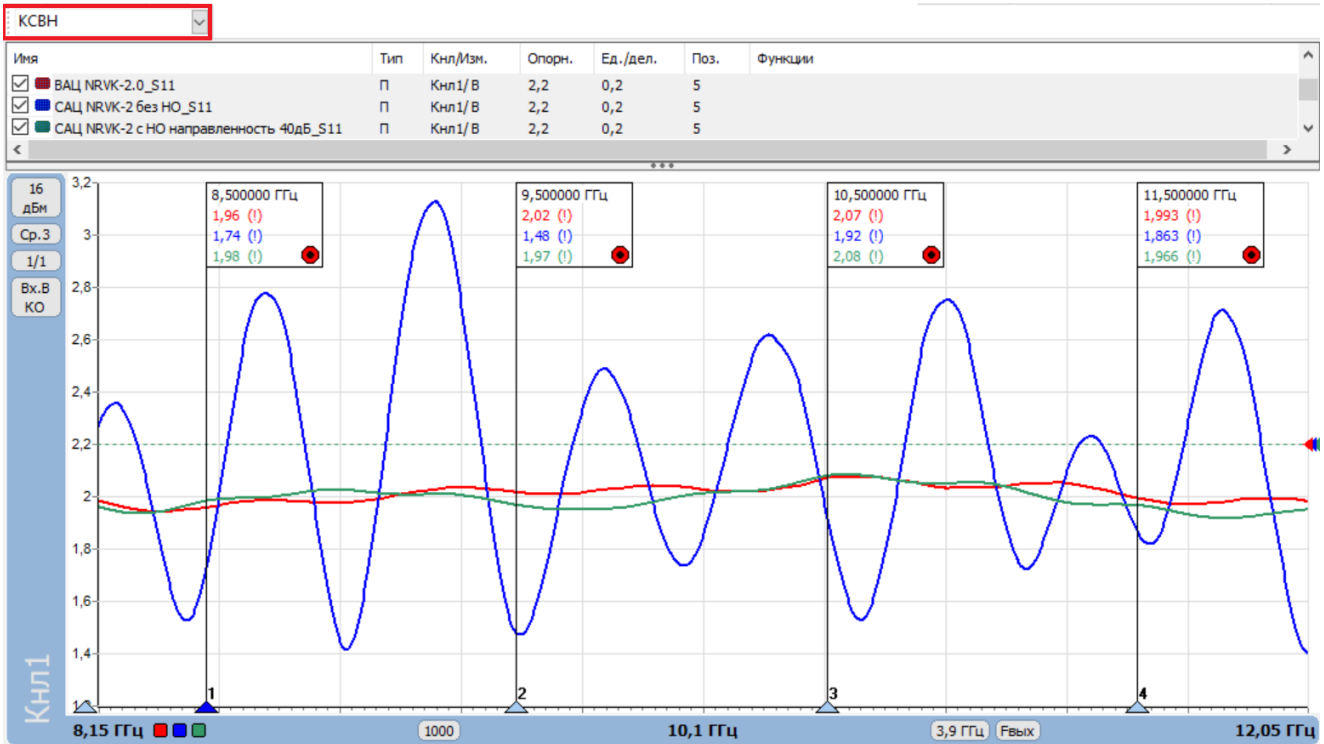


Рисунок 26. Сравнение измерений КСВН различных схем с НР-2
Красным – ВАЦ; **Синим** – САЦ без ОНВ2; **Зеленым** – САЦ с ОНВ2.

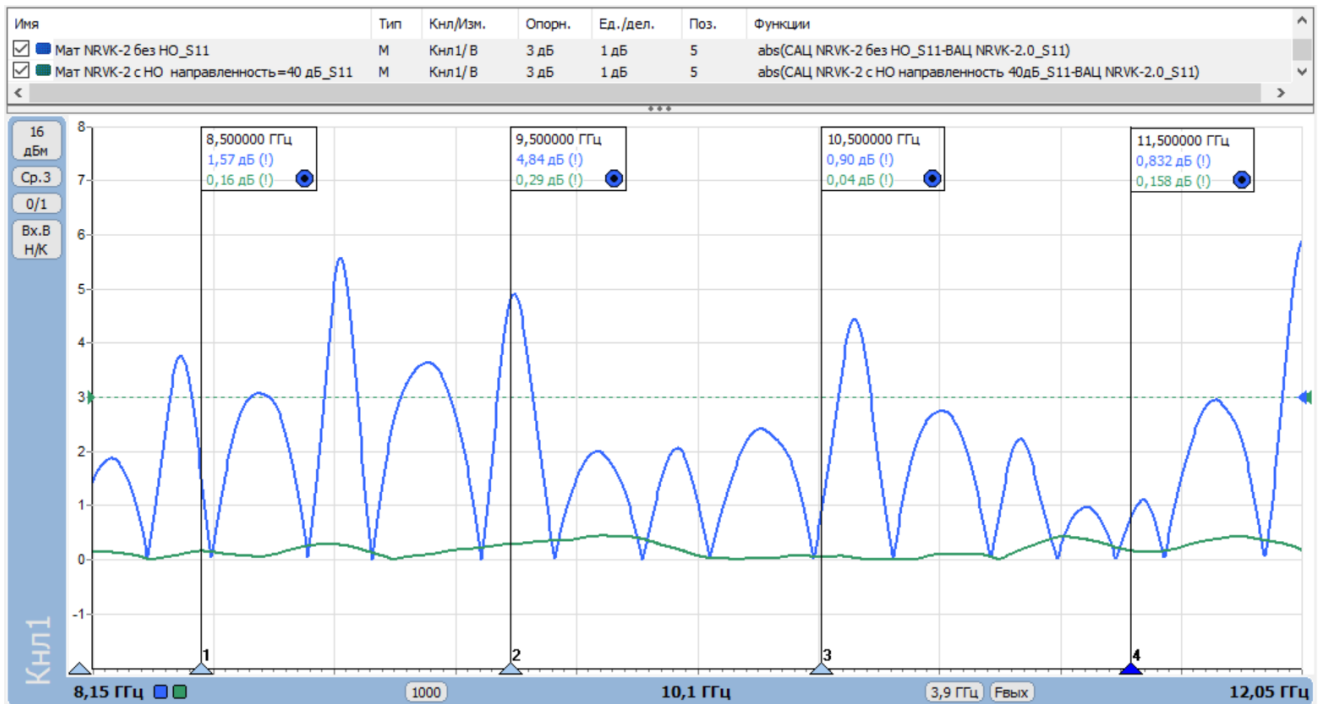


Рисунок 27. Сравнение **воспроизводимости** измерений модулей коэффициентов отражения различных схем с НР-2.
Синим – САЦ без ОНВ2; **Зеленым** – САЦ с ОНВ2.

Полученные результаты позволяют сказать, что измерения с использованием направленного ответвителя обеспечивают лучшую воспроизводимость измерений модуля коэффициента отражения, а, следовательно, и меньшую погрешность измерений.