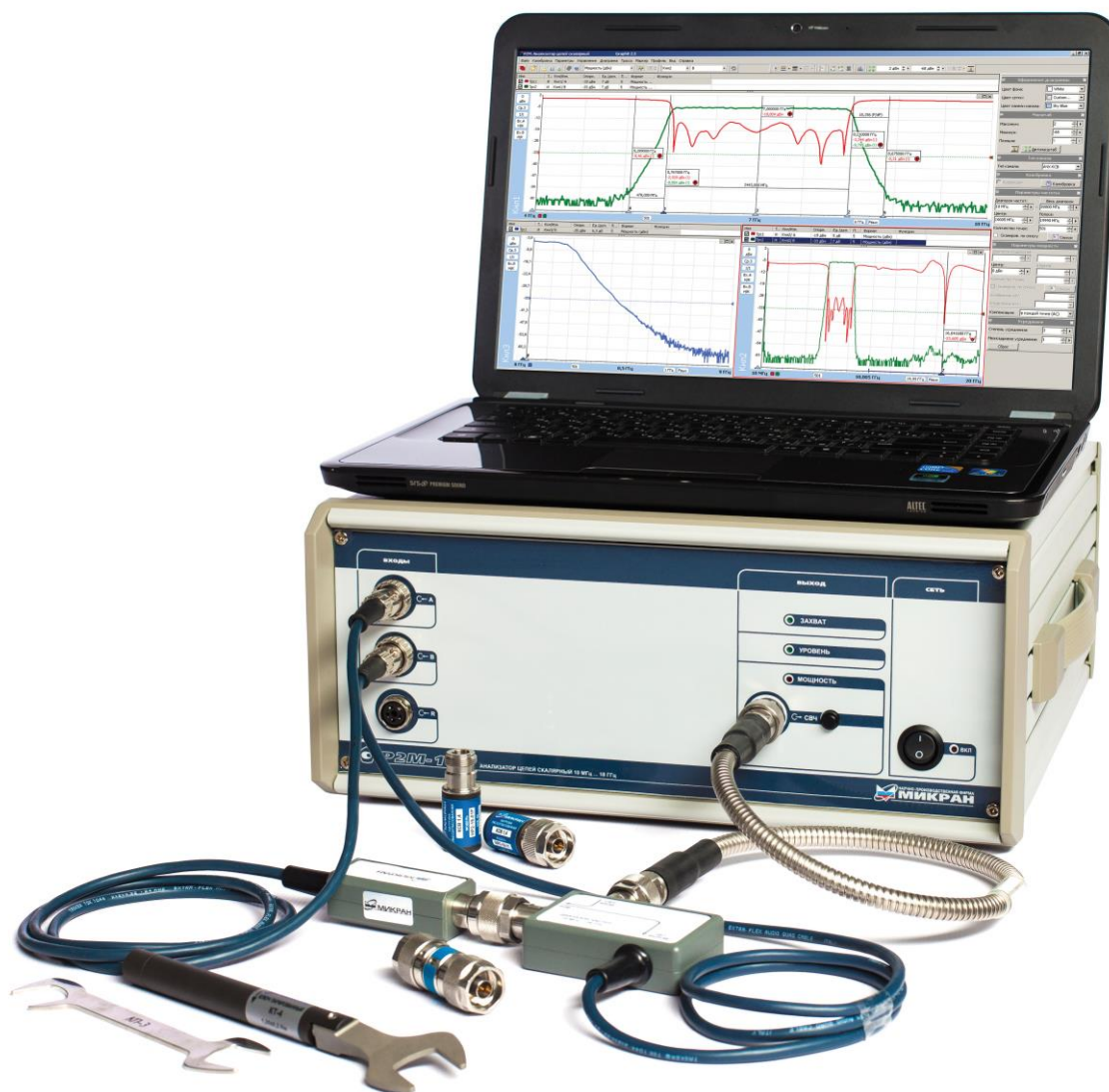


ИНСТРУКЦИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ СКАЛЯРНЫЕ АНАЛИЗАТОРЫ ЦЕПЕЙ P2M



ИЗМЕРЕНИЕ КОМПРЕССИИ НЕЛИНЕЙНЫХ УСТРОЙСТВ



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.

Анализаторы P2M применяются для исследований, настройки, испытаний, контроля 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 (прошедшей через исследуемое устройство и отраженной от его портов), преобразовании их в низкочастотные напряжения, пропорциональные мощности этих волн, измерении напряжений и расчете модуля КП, модуля КО. Выделение и преобразование электромагнитных волн в низкочастотное напряжение производится с помощью детекторных головок и датчиков КСВ.

Управление анализатором P2M осуществляется с помощью внешнего персонального компьютера с установленным программным обеспечением «Graphit P2M», которое обрабатывает измеренные данные и обеспечивает отображение результатов измерений. Информационный обмен между анализатором P2M и персональным компьютером осуществляется по интерфейсу Ethernet.

Одним из основных параметров, применяемых для описания характеристик нелинейных устройств, является точка (одно)децибельной компрессии (P1дБ). При постепенном увеличении входного сигнала с определенного уровня реальный отклик устройства начинает отклоняться от теоретического (рис. 1). Уровень сигнала, при котором коэффициент передачи уменьшается на 1 дБ за счет эффекта насыщения, называется точкой компрессии (P1дБ). Иногда различают точки компрессии по входу и по выходу. Работа усилителя в режиме выше точки P1дБ приводит к появлению искажений.

В данной инструкции в качестве измеряемого устройства выступает усилитель, поэтому дальнейшие описания приводятся именно для него. Другие нелинейные устройства в данной инструкции не рассматриваются.

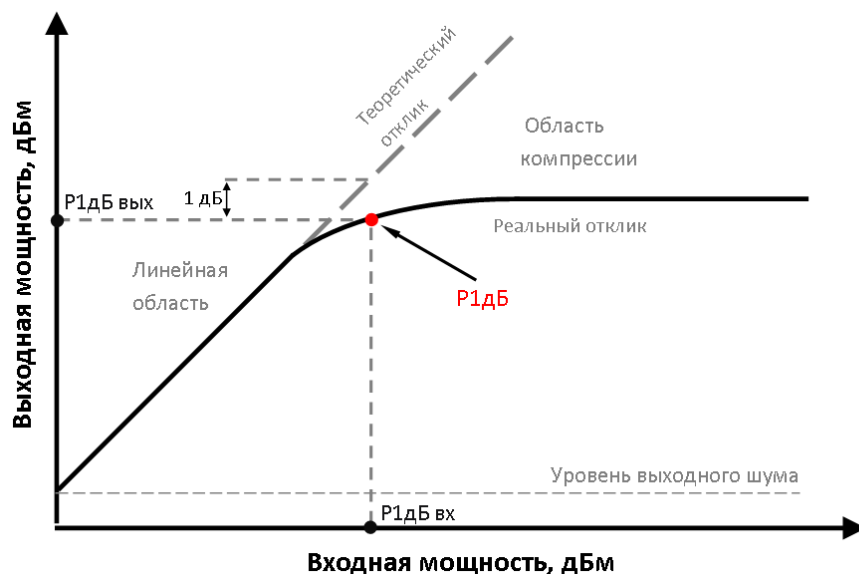


Рисунок 1. График зависимости выходной мощности устройства от его входной мощности.

В анализаторах P2M реализована возможность измерения зависимости уровня мощности на выходе ИУ от уровня мощности на входе в заданном диапазоне частот (определение верхней границы линейности амплитудной характеристики ИУ). При этом для каждого значения частоты мощность на выходе «СВЧ» перестраивается от начального до конечного задаваемого значения с некоторым шагом. Шаг изменения мощности $P_{ш}$ определяется количеством точек N , заданным пользователем, и рассчитывается по формуле:

$$P_{ш} = (P_{\text{конечная}} - P_{\text{начальная}}) / N, \quad (1)$$

где $P_{\text{конечная}}$, $P_{\text{начальная}}$ — значения конечной и начальной мощности перестройки.

Измерения точки сжатия можно проводить как напрямую (прямые измерения), так и с использованием опорного канала. **При выполнении данных измерений калибровка не осуществляется.** Опция работает в «индикаторном режиме», т.е. **погрешности измерений для неё не нормируются!**

Если ИУ имеет высокий относительный уровень побочных частотных составляющих (более -20 дБн), то необходимо на входе детекторной головки устанавливать соответствующий селективный фильтр. Это связано с тем, что детекторная головка является широкополосным устройством и принимает все сигналы в диапазоне рабочих частот.

Для проведения прямых измерений компрессии потребуется:

- Анализатор цепей скалярный серии P2M;
- Головка детекторная;
- Кабель СВЧ;

Для проведения измерений компрессии с опорным каналом потребуется:

- Анализатор цепей скалярный серии P2M;
- Головка детекторная 2 шт.;
- Кабель СВЧ;
- Делитель мощности;

Примечание: Указанные комплекты необходимы для проведения измерений, описанных в данной инструкции. Возможно изменение комплектов в зависимости от схемы измерения.

Прямое измерение компрессии нелинейного устройства с помощью скалярного анализатора цепей

В качестве примера проведем измерение компрессии сверхширокополосного маломощного усилителя СВЧ-сигнала LNA20/1 по схеме, приведенной на рис. 2.

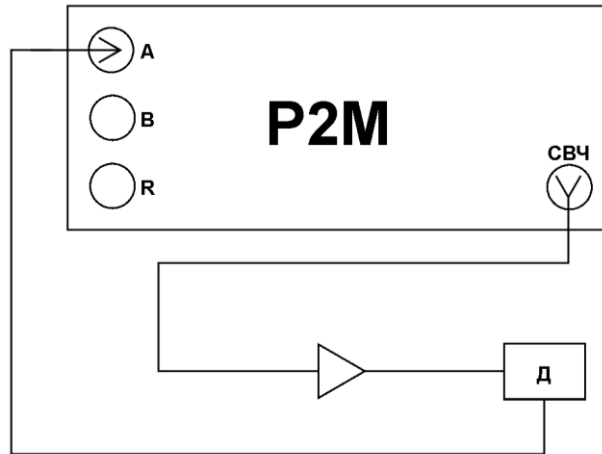


Рисунок 2. Общая схема измерения компрессии устройства.

Д – детекторная головка;

1. Подготовить P2M к работе.
2. Запустить программное обеспечение Graphit.
3. Осуществить подключение к прибору (рис. 3).

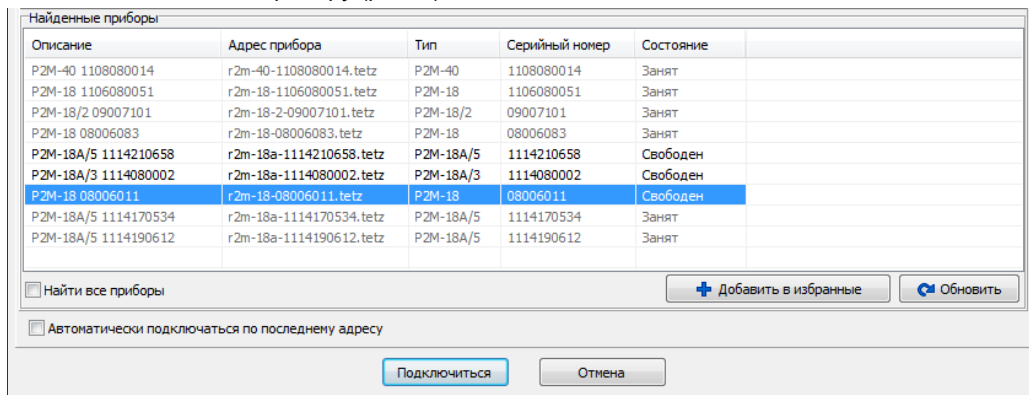
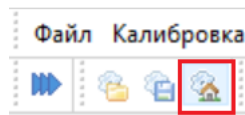


Рисунок 3. Подключение к P2M.

4. Сбросить настройки программного обеспечения Graphit по умолчанию. Для этого нажать кнопку «Восстановить начальные параметры».



5. В панели управления «Тип канала» задать тип измерительного канала — Компрессия (рис. 4).

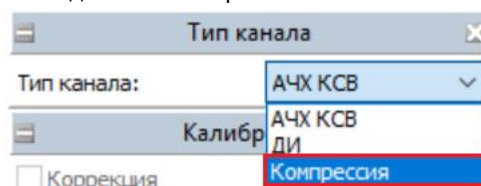


Рисунок 4. Выбор типа канала.

6. В панели управления «Калибровка» установить тип точки компрессии и её уровень (рис. 5).

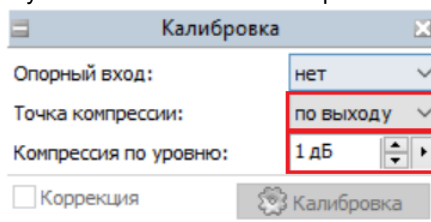


Рисунок 5. Выбор типа канала.

7. В панели управления «Параметры мощности» установить требуемый диапазон перестройки мощности зондирования (рис. 6). **Рекомендуется устанавливать количество точек не менее 1001.** Увеличение количества точек уменьшает шаг изменения мощности и увеличивает время измерений. **Следует помнить, что необходимо устанавливать мощность зондирования, учитывая максимально допустимый уровень входного сигнала для детекторной головки (+20 дБм). Если мощность на выходе ИУ превышает +20 дБм, то перед входом детекторной головки необходимо устанавливать аттенуатор с известным ослаблением.**

В случае использования до и/или после ИУ каких-либо дополнительных устройств (усилителей, аттенуаторов и т. п.) задать значения параметров «Потери до ИУ» и «Потери после ИУ» для их компенсации.

При выборе значения мощности зондирования также важно учитывать технические характеристики измеряемого устройства. Для LNA20/1 заявленная выходная мощность при сжатии на 1 дБ приведена в таблице ниже:

Диапазон рабочих частот	10 МГц ...20 ГГц			
	10 МГц ...2 ГГц	2...6 ГГц	6...14 ГГц	14...20 ГГц
Выходная мощность, при сжатии на 1 дБ (P1дБ), дБм	14	13	12	12

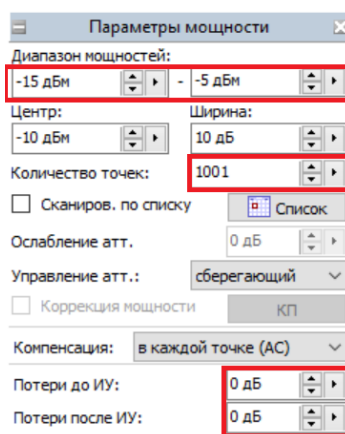


Рисунок 6. Задание мощности зондирования.

8. В панели управления «Параметры частоты» установить требуемый диапазон перестройки частоты и количество точек (рис. 7). **Рекомендуется устанавливать количество точек не менее 1001.** Увеличение количества точек уменьшает шаг изменения частоты и увеличивает время измерений.

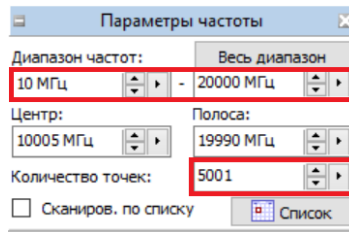


Рисунок 7. Задание частотного диапазона.

- Создать трассу для измерения P1дБ, для этого выбрать в главном меню *Диаграмма* → *Создать измерительную трассу...* В списке трасс привязать трассу к каналу, соответствующему вашей схеме измерения.

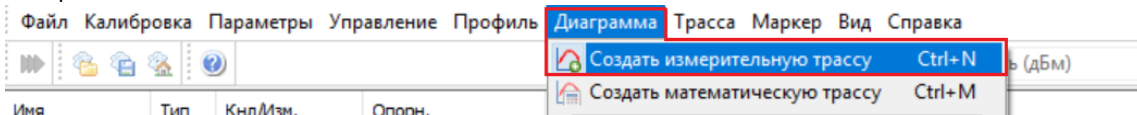


Рисунок 8. Создание измерительной трассы.

- Задать детекторную характеристику для используемой детекторной головки, для этого выбрать в главном меню *Параметры* → *Детекторы и датчики КСВ...*

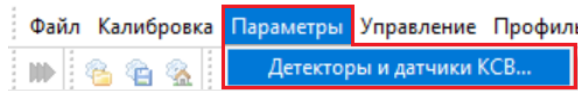


Рисунок 9. Выбор детекторной характеристики используемых устройств.

- Подключить измеряемое устройство, как показано на рис. 2.
- Результаты измерений точки компрессии по выходу устройства, использованного в качестве примера, приведены на рис. 10.

При наличии на характеристике значительных провалов и выбросов необходимо изменить количество точек измерения частоты и/или мощности.

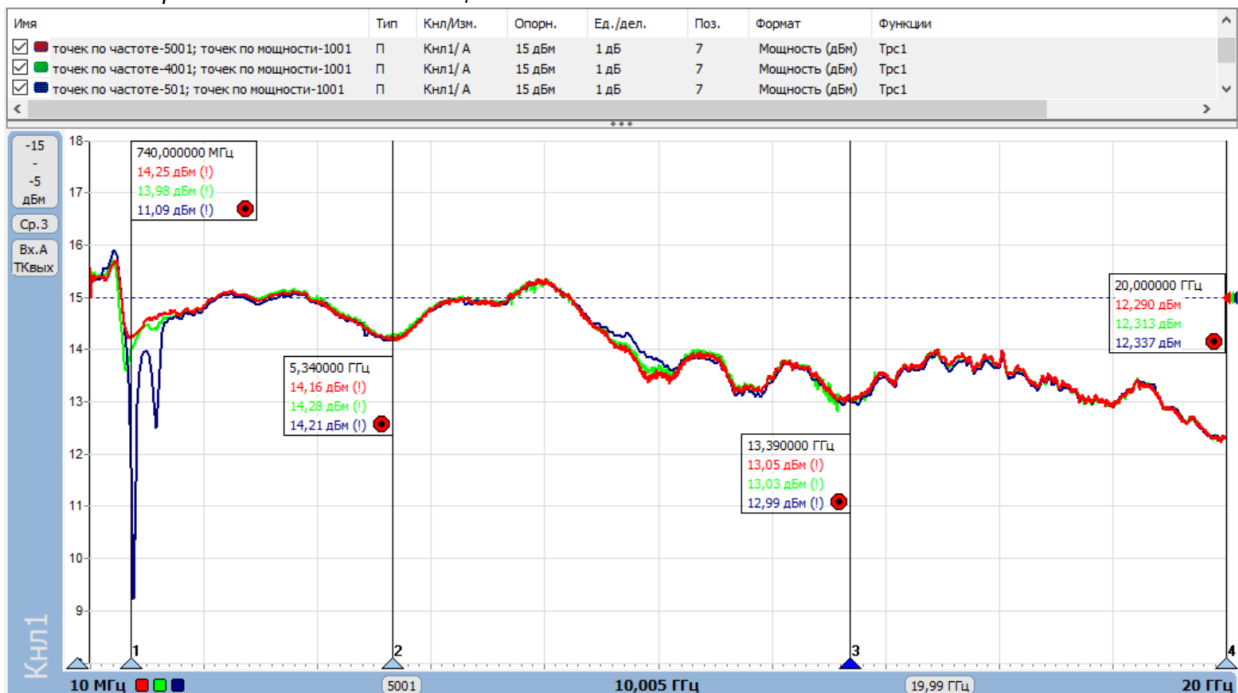


Рисунок 10. Результаты измерений точки компрессии по выходу устройства.

Красным – 5001 точка по частоте, 1001 точка по мощности; **Зеленым** – 4001 точка по частоте, 1001 точка по мощности, **Синим** – 501 точка по частоте, 1001 точка по мощности.

По оси абсцисс отображен заданный частотный диапазон. По оси ординат отображена мощность на выходе ИУ («Точка компрессии» – «по выходу»), соответствующая сжатию на заданную величину.

При выборе параметра «Точка компрессии» – «по входу» (п. 6) по оси ординат будет отображаться мощность на входе ИУ, которая соответствует сжатию на заданную величину (рис. 11).

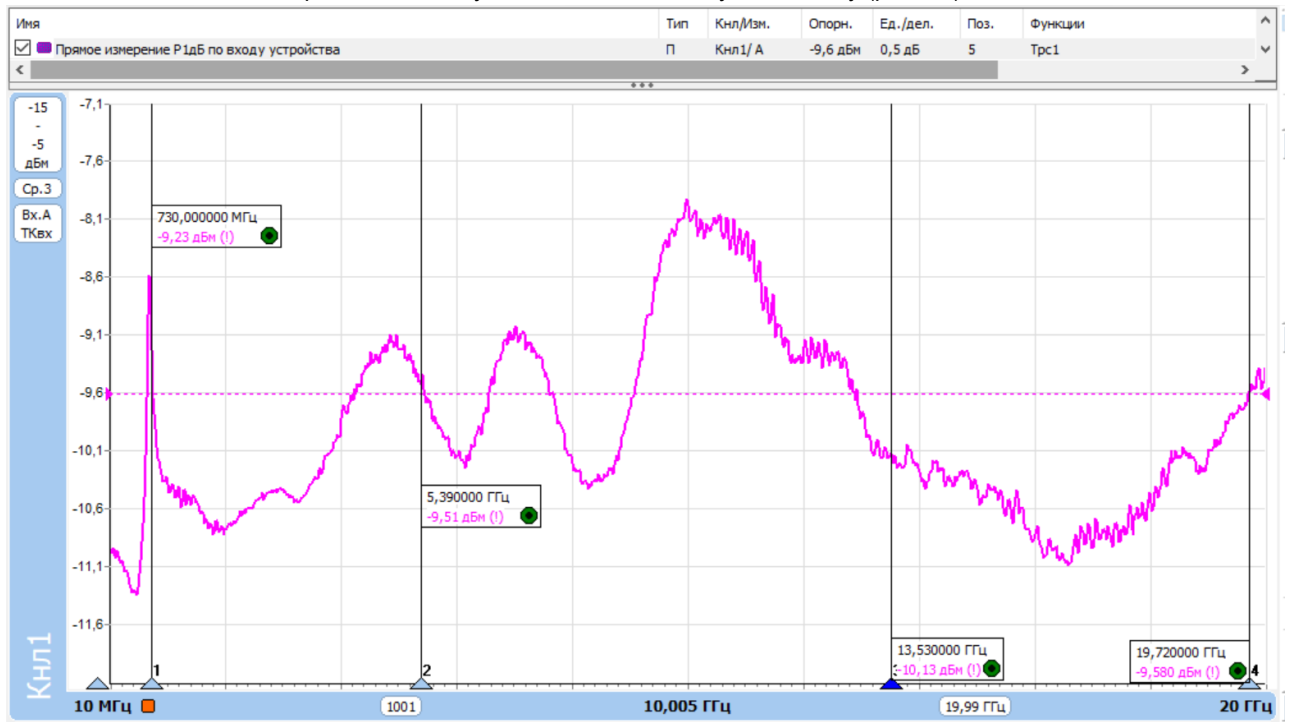


Рисунок 11. Результаты измерений точки компрессии по входу устройства.

Измерение компрессии нелинейного устройства с опорным каналом с помощью скалярного анализатора цепей

Измерения с опорным каналом проводят для контроля колебаний мощности, а также для частичного согласования радиоизмерительного канала. Такие измерения обычно проводят для устройств с большой входной мощностью, для работы которых требуется предварительный усилитель.

В качестве примера проведем измерение компрессии сверхширокополосного маломощного усилителя СВЧ-сигнала LNA20/1 по схеме, приведенной на рис. 12.

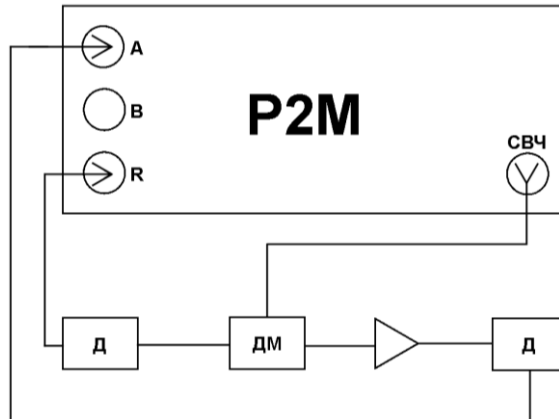


Рисунок 12. Общая схема измерения компрессии устройства с использованием опорного канала.

Д – детекторная головка; ДМ – делитель мощности.

1. Подготовить P2M к работе.
2. Запустить программное обеспечение Graphit.
3. Осуществить подключение к прибору (рис. 13).

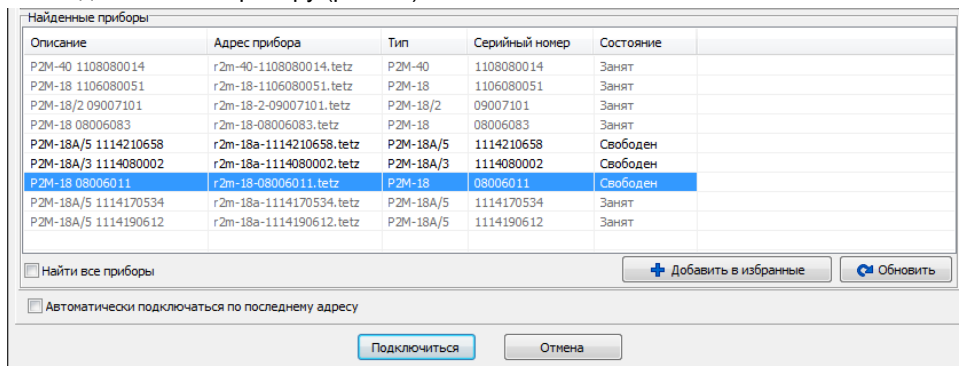
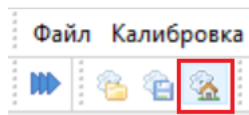


Рисунок 13. Подключение к P2M.

4. Сбросить настройки программного обеспечения Graphit по умолчанию, для этого нажать кнопку «Восстановить начальные параметры».



5. В панели управления «Тип канала» задать тип измерительного канала — Компрессия (рис. 14).

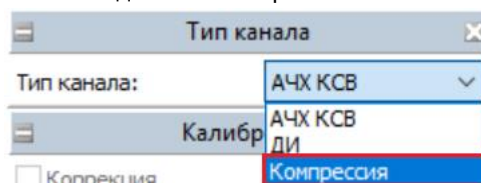


Рисунок 14. Выбор типа канала.

6. В панели управления «Калибровка» установить опорный вход, тип точки компрессии и её уровень (рис. 15).

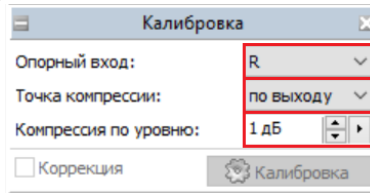


Рисунок 15. Выбор типа канала.

7. В панели управления «Параметры мощности» установить требуемый диапазон перестройки мощности зондирования (рис. 16). **Рекомендуется устанавливать количество точек не менее 1001.** Увеличение количества точек уменьшает шаг изменения мощности и увеличивает время измерений.

Следует помнить, что необходимо устанавливать мощность зондирования, учитывая максимально допустимый уровень входного сигнала для детекторной головки (+20 дБм). Если мощность на выходе ИУ превышает +20 дБм, то перед входом детекторной головки необходимо устанавливать аттенуатор с известным ослаблением.

В случае использования до и/или после ИУ каких-либо дополнительных устройств (усилителей, аттенуаторов и т. п.) задать значения параметров «Потери до ИУ» и «Потери после ИУ» для их компенсации.

Необходимо устанавливать диапазон мощности сканирования с учетом коэффициента передачи (КП) используемого делителя мощности (направленного ответвителя), т.е. задавать диапазон мощности так, чтобы он соответствовал диапазону мощности при проведении прямых измерений. В случае использования направленного ответвителя (НО) под параметром «Потери до ИУ» подразумевается разница между потерями на входе ИУ и потерями на входе детекторной головки опорного канала R, которая рассчитывается по формуле:

$$\Delta = \text{Ответвление НО} + \text{Вносимые потери НО.} \tag{2}$$

При выборе значения мощности зондирования также важно учитывать технические характеристики измеряемого устройства. Для LNA20/1 заявленная выходная мощность при сжатии на 1 дБ приведена в таблице ниже.

Диапазон рабочих частот	10 МГц ...20 ГГц			
	10 МГц ...2 ГГц	2...6 ГГц	6...14 ГГц	14...20 ГГц
Выходная мощность, при сжатии на 1 дБ (P1дБ), дБм	14	13	12	12

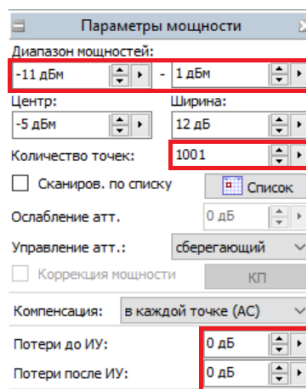


Рисунок 16. Задание мощности зондирования.

8. В панели управления «Параметры частоты» установить требуемый диапазон перестройки частоты и количество точек (рис. 17). **Рекомендуется устанавливать количество точек не менее 1001.** Увеличение количества точек уменьшает шаг изменения частоты и увеличивает время измерений.

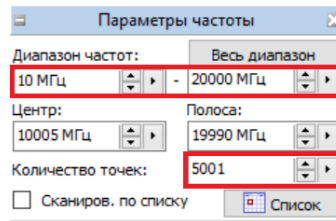


Рисунок 17. Задание частотного диапазона.

9. Создать трассу для измерения P1дБ, для этого выбрать в главном меню *Диаграмма* → *Создать измерительную трассу...* В списке трасс привязать трассу к каналу, соответствующему вашей схеме измерения.

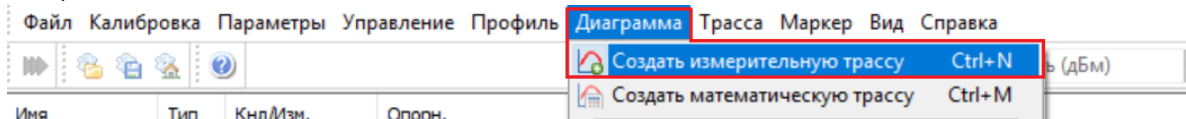


Рисунок 18. Создание измерительной трассы.

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

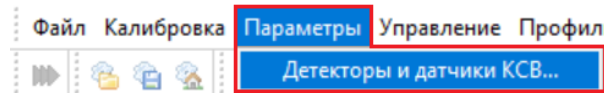


Рисунок 19. Выбор детекторных характеристик используемых устройств.

11. Подключить измеряемое устройство, как показано на рис. 12.
12. Результаты измерений точки компрессии по выходу устройства, использованного в качестве примера, приведены на рис. 20.

При наличии на характеристике значительных провалов и выбросов необходимо изменить количество точек измерения частоты и/или мощности.

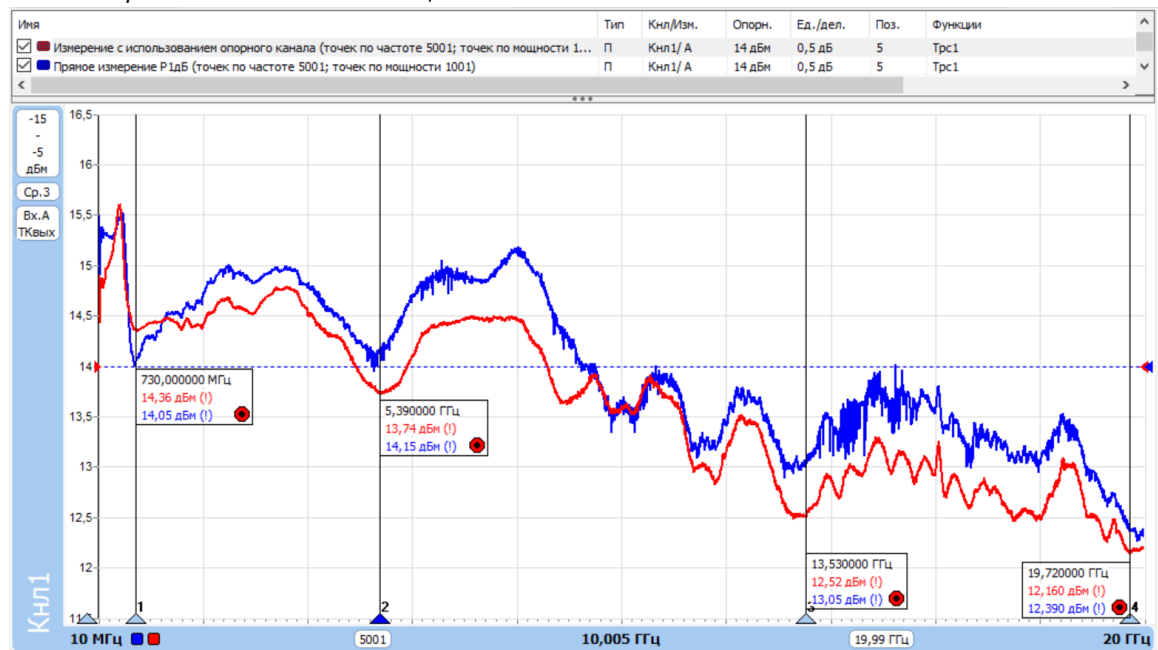


Рисунок 20. Результаты измерений точки компрессии по выходу устройства.

Красным – измерение P1дБ с использованием опорного канала; **Синим** – прямое измерение P1дБ.

По оси абсцисс отображается заданный диапазон частот, а по оси ординат при параметре «Точка компрессии» – «по выходу» будет отображаться мощность на выходе ИУ, соответствующая сжатию на заданную величину. При выборе параметра «Точка компрессии» – «по входу» (п.6) по оси ординат будет отображаться мощность, измеренная детекторной головкой опорного канала R, что при правильном значении параметра «Потери до ИУ» будет соответствовать мощности на входе ИУ.

Отличие значений P1дБ, измеренных прямым методом и методом с использованием опорного канала, возникает из-за неравномерности КП для плеч делителя мощности.