

АНАЛИЗАТОРЫ ЦЕПЕЙ ВЕКТОРНЫЕ

- C1205, C1207, C1209, C1214, C1220
- C1409, C1420
- C2209, C2409, C2220, C2420
- C4209, C4409, C4220, C4420
- ОБЗОР-304, ОБЗОР-304/1
- ОБЗОР-804, ОБЗОР-804/1
- ОБЗОР-808, ОБЗОР-808/1
- ОБЗОР-814/1
- S5048, S5065
- S5085, S50180
- S7530



РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ
Программное обеспечение и методики измерений



ИЗМЕРИТЕЛИ КОМПЛЕКСНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ
ПЕРЕДАЧИ И ОТРАЖЕНИЯ

ОБЗОР – 304, ОБЗОР – 304/1

ОБЗОР – 804, ОБЗОР – 804/1

ОБЗОР –808, ОБЗОР – 808/1

АНАЛИЗАТОРЫ ЦЕПЕЙ ВЕКТОРНЫЕ

C1205, C1207, C1209, C1214, C1220

C1409, C1420

C2209, C2409, C2220, C2420

C4209, C4409, C4220, C4420



ИЗМЕРИТЕЛИ КОМПЛЕКСНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ
ПЕРЕДАЧИ И ОТРАЖЕНИЯ

ОБЗОР-814/1

АНАЛИЗАТОРЫ ЦЕПЕЙ ВЕКТОРНЫЕ

S5048, S5065, S5085, S50180, S7530

Руководство по эксплуатации

Программное обеспечение

Челябинск 2018 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	11
1 Установка программного обеспечения	13
1.1 Подготовка к установке программного обеспечения	13
1.2 Порядок установки программного обеспечения	14
1.2.1 Установка драйвера анализатора	15
1.2.2 Установка исполняемого модуля.....	16
1.3 Регистрация COM сервера	16
2 Описание программного обеспечения.....	18
2.1 Основные элементы окна программного обеспечения	18
2.2 Панель программных кнопок	18
2.3 Строка меню.....	21
2.4 Строка состояния анализатора.....	22
2.5 Окно канала	24
2.5.1 Заголовок канала.....	26
2.5.2 Строка состояния графика	26
2.5.3 Графическая область	30
2.5.4 Размещение графиков в окне канала.....	32
2.5.5 Маркеры.....	33
2.5.6 Строка состояния канала	34
3 Быстрое начало работы	38
3.1 Подготовка анализатора к проведению измерений отражения	39
3.2 Начальная установка	40
3.3 Установка параметров стимулирующего сигнала	40
3.4 Установка полосы ПЧ	41
3.5 Установка числа графиков, выбор измеряемого параметра и формата представления..	41
3.6 Установка масштаба графиков	43
3.7 Калибровка анализатора для проведения измерений коэффициента отражения.....	44
3.8 Исследование КСВН и фазы коэффициента отражения с помощью маркеров	45
3.9 Быстрая установка параметров канала мышью	47
3.9.1 Выбор активного канала	47
3.9.2 Выбор активного графика.....	47
3.9.3 Назначение измеряемого параметра.....	48

3.9.4	Выбор формата графика	48
3.9.5	Установка масштаба графика	49
3.9.6	Установка значения опорной линии.....	49
3.9.7	Установка положения опорной линии	50
3.9.8	Установка начального значения диапазона сканирования.....	50
3.9.9	Установка конечного значения диапазона сканирования	51
3.9.10	Установка центра диапазона сканирования.....	51
3.9.11	Установка полосы сканирования	51
3.9.12	Установка значения стимула маркера.....	51
3.9.13	Переключение режима «Старт / Центр» и «Стоп / Полоса»	52
3.9.14	Установка значения поля «Старт / Центр»	52
3.9.15	Установка значения поля «Стоп / Полоса»	52
3.9.16	Установка числа точек сканирования	52
3.9.17	Установка типа сканирования	53
3.9.18	Установка полосы ПЧ	53
3.9.19	Установка поля «Мощность / Фиксированная частота»	54
4	Установка параметров анализатора	55
4.1	Установка каналов и графиков	55
4.1.1	Размещение окон каналов	55
4.1.2	Установка числа графиков	56
4.1.3	Размещение графиков	57
4.1.4	Выбор активного канала и графика	60
4.1.5	Увеличение окна канала и графика	60
4.2	Установка параметров стимула.....	62
4.2.1	Выбор типа сканирования	62
4.2.2	Установка диапазона сканирования.....	62
4.2.3	Установка количества точек	63
4.2.4	Установка мощности	63

4.2.5 Наклон мощности	64
4.2.6 Установка фиксированной частоты.....	64
4.2.7 Отключение стимулирующего сигнала	65
4.2.8 Редактирование таблицы сегментов.....	65
4.2.9 Установка задержки измерения	68
4.3 Управление запуском сканирования.....	69
4.4 Установка измеряемых параметров.....	72
4.4.1 S – параметры	72
4.4.2 Порядок установки S – параметров.....	73
4.4.3 Абсолютные измерения.....	73
4.4.4 Порядок установки абсолютных измерений	76
4.5 Установка формата.....	79
4.5.1 Формат прямоугольных координат	79
4.5.2 Формат полярной диаграммы	81
4.5.3 Формат диаграммы Вольперта–Смита.....	82
4.5.4 Порядок установки формата	85
4.6 Установка масштаба графика	87
4.6.1 Масштаб прямоугольных координат.....	87
4.6.2 Порядок установки масштаба прямоугольных координат.....	87
4.6.3 Масштаб круговых координат.....	88
4.6.4 Порядок установки масштаба полярных координат.....	89
4.6.5 Функция автомасштабирования	89
4.6.6 Функция автоматического выбора опорного уровня.....	89
4.6.7 Установка электрической задержки	90
4.6.8 Установка смещения фазы	90
4.7 Фильтрация	92
4.7.1 Установка полосы ПЧ	92
4.7.2 Установка усреднения.....	92
4.7.3 Установка сглаживания.....	93

4.8 Измерение смесителей.....	95
4.8.1 Обзор методов измерения смесителей.....	95
4.8.2 Режим смещения частоты	97
4.8.3 Автоматическая подстройка частоты смещения	100
5 Калибровка.....	103
5.1 Общие сведения.....	103
5.1.1 Ошибки измерения	103
5.1.2 Систематические ошибки измерения	104
5.1.3 Модель ошибок измерения	106
5.1.4 Определение положения измерительных портов.....	111
5.1.5 Стадии процесса калибровки.....	112
5.1.6 Методы калибровки.....	113
5.1.7 Калибровочные меры и комплекты мер.....	128
5.2 Порядок выполнения калибровки.....	137
5.2.1 Выбор комплекта калибровочных мер	137
5.2.2 Калибровка нормализации отражения.....	138
5.2.3 Калибровка нормализации передачи	140
5.2.4 Полная однопортовая калибровка	142
5.2.5 Однонаправленная двухпортовая калибровка	144
5.2.6 Полная двухпортовая калибровка	146
5.2.7 Полная трехпортовая калибровка	148
5.2.8 Полная четырехпортовая калибровка.....	149
5.2.9 Калибровка с неизвестной перемычкой	151
5.2.10 Двухпортовая TRL калибровка	152
5.2.11 Трехпортовая TRL калибровка.....	154
5.2.12 Четырёхпортовая TRL калибровка	154
5.2.13 Использование подклассов в калибровке	155
5.2.14 Использование скользящей нагрузки в калибровке.....	156

5.2.15	Отключение коррекции ошибок	157
5.2.16	Проверка состояния коррекции ошибок.....	157
5.2.17	Установка системного сопротивления Z0.....	158
5.2.18	Функция удлинения портов.....	159
5.3	Редактирование комплектов мер	161
5.3.1	Таблица комплектов мер.....	162
5.3.2	Определение калибровочных мер	166
5.3.3	Таблица S-параметров калибровочных мер.....	169
5.3.4	Назначение классов калибровочных мер	173
5.4	Калибровка мощности портов	176
5.4.1	Таблица компенсации потерь	177
5.4.2	Порядок калибровки мощности портов.....	177
5.4.3	Включение и отключение коррекции мощности порта.....	178
5.4.4	Редактирование таблицы компенсации потерь.....	178
5.5	Калибровка приемников	179
5.5.1	Порядок калибровки приемников.....	180
5.5.2	Включение и отключение коррекции приемников.....	180
5.6	Скалярная калибровка смесителей	181
5.7	Векторная калибровка смесителей	184
5.7.1	Порядок проведения векторной калибровки смесителей.....	186
5.8	Автоматический калибровочный модуль	187
5.8.1	Общие сведения об АКМ серии SC	188
5.8.2	Порядок проведения автокалибровки.....	190
5.8.3	Порядок проведения пользовательской характеристики	191
5.8.4	Порядок проведения доверительного теста	192
6	Анализ измерений	194
6.1	Маркеры.....	194
6.1.1	Добавление маркера	196
6.1.2	Удаление маркера.....	196

6.1.3 Установка значения стимула маркера.....	196
6.1.4 Выбор активного маркера	197
6.1.5 Режим опорного маркера.....	197
6.1.6 Свойства маркеров.....	199
6.1.7 Функции поиска положения маркеров	203
6.1.8 Маркерные вычисления	209
6.1.9 Функция установки параметров с помощью маркеров	217
6.2 Функция памяти графиков	218
6.2.1 Порядок запоминания графиков	219
6.2.2 Настройка индикации графиков	220
6.2.3 Порядок выполнения математических операций.....	221
6.3 Моделирование оснастки.....	222
6.3.1 Преобразование импеданса порта.....	225
6.3.2 Исключение цепи	226
6.3.3 Встраивание цепи.....	228
6.3.4 Встраивание или исключение четырехпортовых цепей	229
6.3.5 Измерения балансных цепей.....	231
6.4 Временная область.....	238
6.4.1 Включение преобразования временной области	240
6.4.2 Установка диапазона преобразования	240
6.4.3 Установка типа преобразования.....	241
6.4.4 Установка вида окна.....	241
6.4.5 Преобразование диапазона частот к гармоническому виду	242
6.5 Селекция во временной области	242
6.5.1 Включение временной селекции.....	244
6.5.2 Установка границ окна временной селекции	245
6.5.3 Установка типа окна временной селекции	245
6.5.4 Установка формы окна временной селекции.....	246

6.6 Преобразование S-параметров.....	247
6.7 Общее преобразование S-параметров в Z, Y, T, H, ABCD - параметры	249
6.8 Допусковый контроль	250
6.8.1 Редактирование таблицы пределов.....	252
6.8.2 Порядок включения допускового контроля	253
6.8.3 Настройка индикации допускового контроля	253
6.8.4 Смещения линии пределов.....	254
6.9 Тест пульсаций.....	254
6.9.1 Редактирование таблицы пределов пульсаций	257
6.9.2 Порядок включения теста пульсаций.....	258
6.9.3 Настройка индикации теста пульсаций.....	259
7 Сохранение состояния и данных	260
7.1 Сохранение состояния анализатора	260
7.1.1 Порядок сохранения состояния	262
7.1.2 Порядок восстановления состояния.....	263
7.2 Сохранение состояния каналов.....	263
7.2.1 Порядок сохранения состояния канала	264
7.2.2 Порядок восстановления состояния канала	264
7.3 Сохранение данных графика	265
7.3.1 Порядок сохранения данных графика.....	265
7.4 Сохранение файлов данных формата Touchstone.....	267
7.4.1 Порядок сохранения файлов данных формата Touchstone	271
7.5 Загрузка данных из файлов формата Touchstone.....	273
8 Системные установки.....	274
8.1 Начальная установка	274
8.2 Настройка и вывод графиков	274
8.3 Выбор источника опорной частоты	276
8.4 Отключение системной коррекции	276
8.5 Настройка звуковой сигнализации	277
8.6 Сетевые настройки	278
8.7 Настройки GPIB	278
8.8 Настройка интерфейса	280
8.9 Отключение обновления экрана.....	284

8.10 Настройка измерителя мощности.....	284
8.11 Функция точной подстройки выходной частоты	288
Приложение 1	289

Введение

Документ является обновленной редакцией следующих руководств по эксплуатации в части описания программного обеспечения:

Наименование	Обозначение документа
ОБЗОР-304, ОБЗОР-304/1	РЭ 6687–044–21477812–2007
ОБЗОР-804, ОБЗОР-804/1, ОБЗОР-808, ОБЗОР-808/1	РЭ 6687–075–21477812–2010
C1205, C1207, C1209, C1214, C1220 C1409, C1420 C2209, C2409, C2220, C2420 C4209, C4409, C4220, C4420	РЭ 6687-125-21477812-2015
ОБЗОР-814/1	РЭ 6687-109-21477812-2013
S5048, S5065, S5085, S50180, S7530	РЭ 6687-102-21477812-2013

Настоящее руководство по эксплуатации предназначено для изучения устройства, принципа действия, правил использования, транспортирования и хранения измерителей комплексных коэффициентов передачи и отражения и анализаторов цепей векторных (далее - анализаторы).

Руководство по эксплуатации состоит из двух частей.

В первой части содержатся общие сведения об анализаторах, приведены основные и справочные технические характеристики в табличном и графическом видах, указаны состав, условия эксплуатации, транспортирования и хранения.

Во второй части приведены инструкции по установке и настройке программного обеспечения, дано описание программы, представлен порядок проведения измерений.

Перед началом эксплуатации анализаторов необходимо ознакомиться с настоящим руководством и, при необходимости, с руководством программиста для дистанционного управления приборами и методикой поверки для контроля метрологических характеристик.

Работа с анализаторами и их техническое обслуживание должны осуществляться квалифицированным персоналом с инженерной подготовкой, имеющим начальные навыки по работе с устройствами СВЧ и персональным компьютером.

Предприятие-изготовитель оставляет за собой право, не уведомляя потребителя, вносить в конструкцию и документацию анализаторов изменения, не влияющие на их нормированные метрологические характеристики.

ВНИМАНИЕ: ДАННЫЙ ДОКУМЕНТ ЯВЛЯЕТСЯ РЕЗУЛЬТАТОМ ТВОРЧЕСКОГО ТРУДА И ИНТЕЛЕКТУАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СОТРУДНИКОВ ПРЕДПРИЯТИЯ-ИЗГОТОВИТЕЛЯ. НЕ ДОПУСКАЕТСЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННОГО ДОКУМЕНТА, РАВНО КАК И ЕГО ЧАСТИ, БЕЗ УКАЗАНИЯ НАИМЕНОВАНИЯ ДОКУМЕНТА И НАИМЕНОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ-ИЗГОТОВИТЕЛЯ.

ЗАПРЕЩАЕТСЯ КОММЕРЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННОГО ДОКУМЕНТА, РАВНО КАК И ЕГО ЧАСТИ, БЕЗ ПИСЬМЕННОГО СОГЛАСИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ-ИЗГОТОВИТЕЛЯ.

Предприятие-изготовитель не несет ответственности за последствия неправильной эксплуатации анализаторов, нарушения правил безопасности и несоблюдения прочих необходимых мер предосторожности.

1 Установка программного обеспечения

1.1 Подготовка к установке программного обеспечения

Данный раздел относится к модификациям анализаторов, предназначенных для работы с внешним компьютером, не входящим в комплект поставки. Для модификации анализаторов ОБЗОР – 304, ОБЗОР – 804 и ОБЗОР – 808 данный раздел должен быть пропущен.

Примечание	Модификации анализаторов ОБЗОР – 304, ОБЗОР – 804 и ОБЗОР – 808 выпускаются с установленным изготовителем программным обеспечением (ПО) на встроенном управляющем компьютере, работающем под управлением ОС «WINDOWS XP Embedded», и не требуют установки программного обеспечения.
-------------------	---

Установка программного обеспечения для модификаций анализаторов без встроенного компьютера, производится на внешний персональный компьютер, работающий под управлением ОС «WINDOWS». Подключение анализатора к внешнему персональному компьютеру осуществляется через USB интерфейс.

Минимальные технические требования к персональному компьютеру	ОС WINDOWS 7 и выше; Процессор 1,5 ГГц; Оперативная память 1 ГБ; USB 2.0.
--	--

Примечание	Для установки программного обеспечения пользователь компьютера должен обладать правами администратора.
-------------------	--

1.2 Порядок установки программного обеспечения

Программное обеспечение поставляется на компакт – диске (или другом носителе информации), входящем в комплект анализатора.

Содержимое компакт-диска	Модуль установки программного обеспечения Setup_S2VNA_vX.X.X.exe ¹ или Setup_S4VNA_vX.X.X.exe; Драйвер анализатора в папке – Driver; Документация в папке – Doc.
Примечание	Папка Doc содержит руководство пользователя в двух частях и руководство программиста.

Программное обеспечение S2VNA и S4VNA использует новую систему обозначений и является обновленной версией следующих программ управления:

Наименование	Обозначение документа
ОБЗОР-304, ОБЗОР-304/1	ПО 6687-044-21477812-2007 (Obzor304)
ОБЗОР-804, ОБЗОР-804/1 ОБЗОР-808, ОБЗОР-808/1	ПО 6687-075-21477812-2010 (Obzor804, Obzor808)
C1205, C1207, C1209, C1214, C1220 C1409, C1420 C2209, C2409, C2220, C2420 C4209, C4409, C4220, C4420	ПО 6687-125-21477812-2015 (S2VNA, S4VNA)
ОБЗОР-814/1	ПО 6687-109-21477812-2013 (Obzor814)
S5048, S7530	ПО 6687-102-21477812-2013 (S5048)

Процедура установки программного обеспечения осуществляется в два этапа:

Установка драйвера анализатора
Установка исполняемого модуля

¹ X.X.X – номер версии программы

1.2.1 Установка драйвера анализатора

Соедините прибор с персональным компьютером (ПК) кабелем USB из комплекта поставки. Допускается подключение кабеля USB к компьютеру во включенном состоянии.

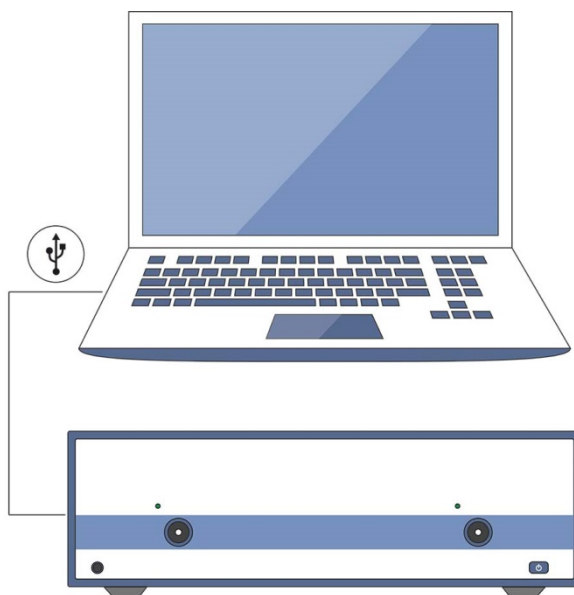


Рисунок 1.1 Подключение анализатора к ПК

Включите и загрузите компьютер, если он не был включен.

Включите прибор нажатием кнопки включения/выключения питания на передней панели.

После первого включения прибора, Windows автоматически определит подключение нового USB устройства и откроет диалог установки USB драйвера (Windows 2000/XP/VISTA). В Windows 7 откройте диалог установки USB драйвера вручную: *Пуск > Панель управления > Диспетчер устройств*. Щелкните правой кнопкой мыши по строке "Неизвестное устройство" и выберите "Обновить драйверы...".

В диалоге установки USB драйвера выберите "Установка драйвера из указанного места" (Windows 2000/XP/VISTA) или "Выполнить поиск драйверов на этом компьютере" (Windows 7), затем укажите путь к файлам драйвера. Файлы драйвера находятся в папке \DRIVER на компакт-диске и на жестком диске в папке с установленным ПО.

После успешной установки драйвера в системе появится новое USB устройство с названием модели анализатора.

1.2.2 Установка исполняемого модуля

<p>Установка исполняемого модуля и других необходимых файлов</p>	<p>Запустить с прилагаемого компакт-диска программу установки Setup_S2VNA_v<Номер и версия ПО>.exe или Setup_S4VNA_v<Номер и версия ПО>.exe. Следовать пошаговым указаниям программы установки. Стартовое окно программы установки представлено на рисунке 1.2.</p>
--	---

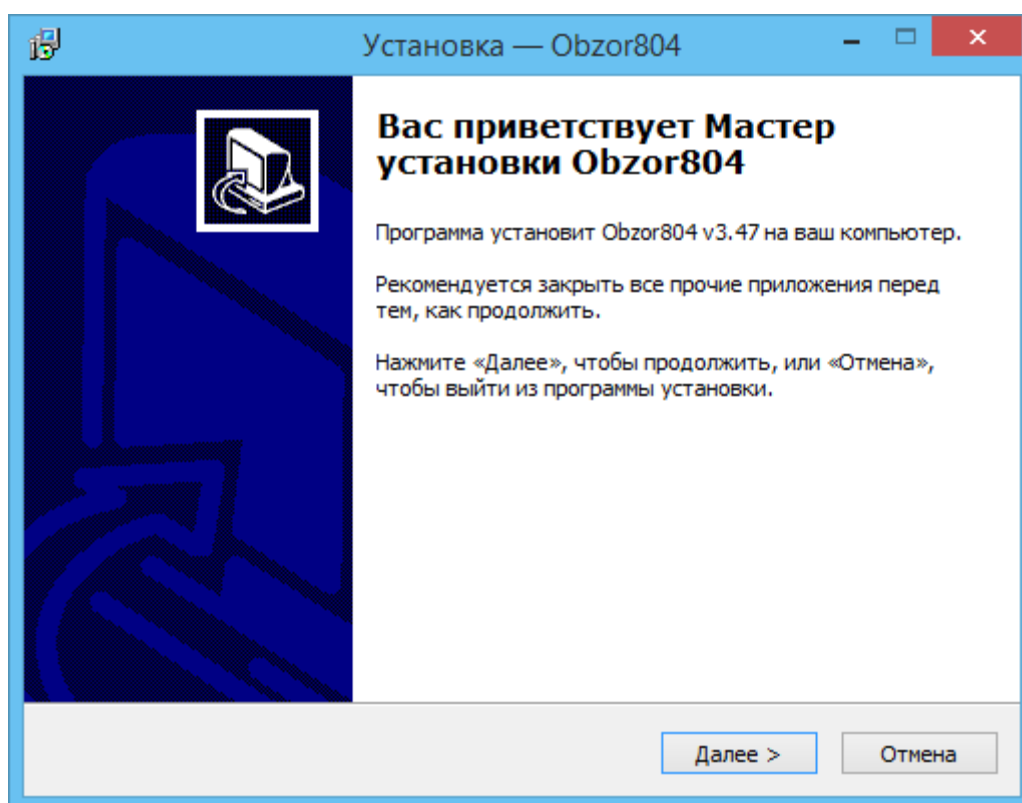


Рисунок 1.2 Стартовое окно программы установки

1.3 Регистрация COM сервера

Приложение Setup_S2VNA.exe (Setup_S4VNA.exe) имеет в своем составе встроенный COM - сервер. Зарегистрированный COM - сервер предоставляет другим программам доступ к своей функциональности.

Регистрация COM сервера выполняется при завершении установки программного обеспечения анализатора флажком в соответствующем пункте. Окно регистрации COM – сервера представлена на рисунке 1.3.

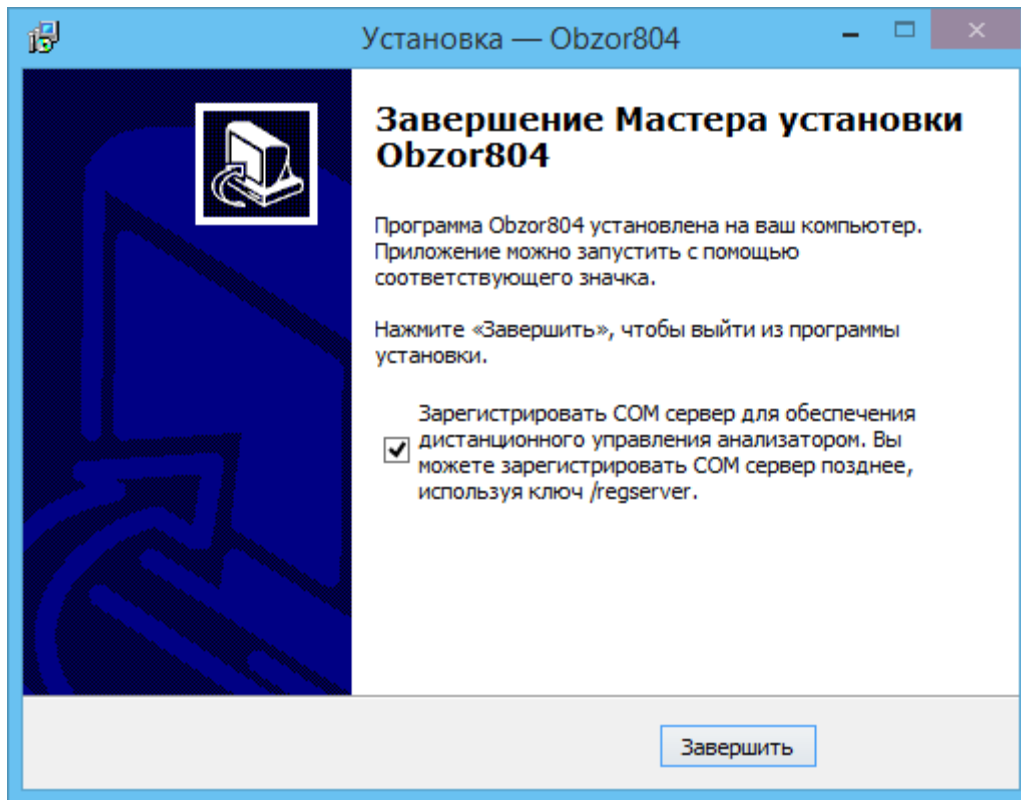


Рисунок 1.3 Регистрация COM - сервера

После успешной регистрации COM – сервера появится сообщение об этом.

Регистрация COM сервера также возможна с использованием ключа /regserver для исполняемого файла программного обеспечения прибора. Дополнительная информация приведена в руководстве программиста штатного программного обеспечения.

2 Описание программного обеспечения

2.1 Основные элементы окна программного обеспечения

Общий вид окна программного обеспечения анализатора приведен на рисунке 2.1.

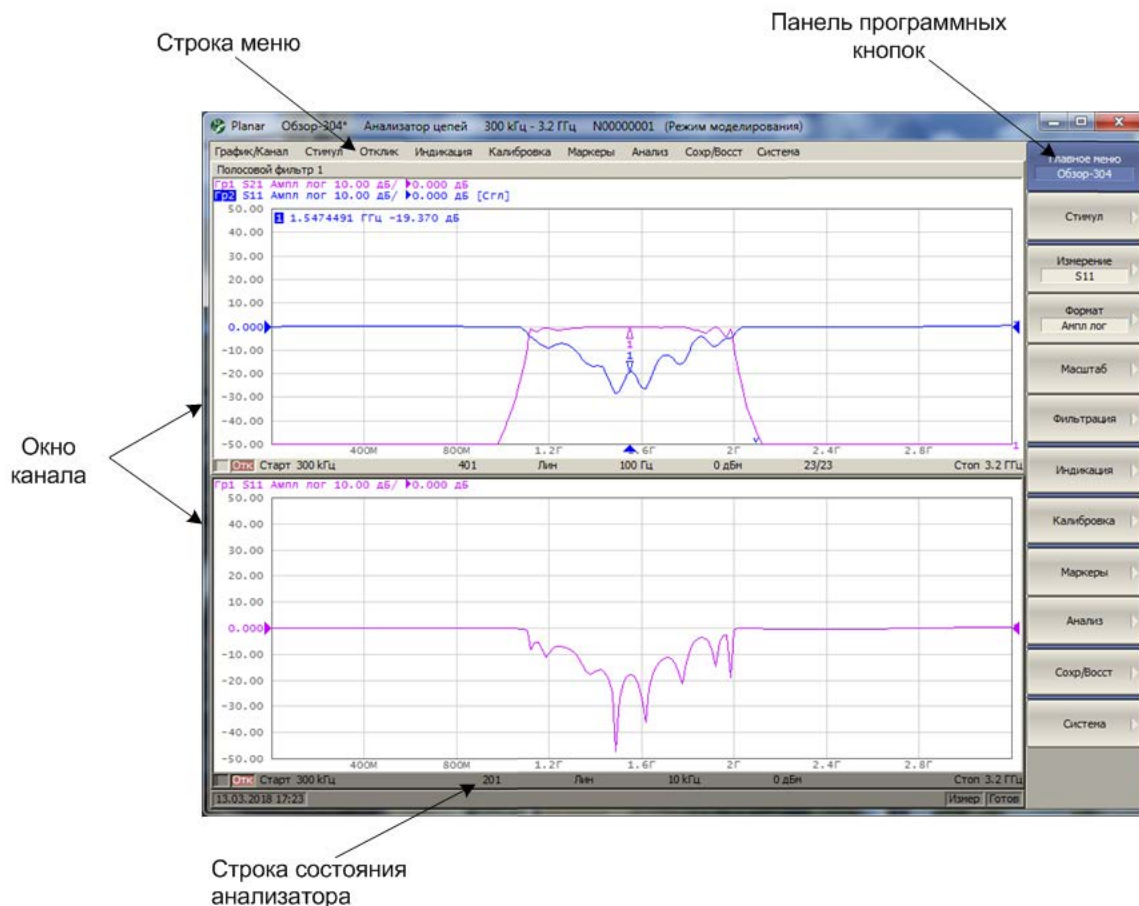


Рисунок 2.1 Основные элементы окна программы

2.2 Панель программных кнопок

Панель программных кнопок в правой части окна является *основным меню* программы.

Примечание

Строка меню в верхней части окна является вспомогательным меню, которое предоставляет быстрый доступ к разделам основного меню. Вспомогательное меню может быть отключено для увеличения области графиков.

Основное меню состоит из сменных панелей программных кнопок. Каждая панель программных кнопок представляет собой один раздел меню. Все панели связаны в многоуровневую систему меню и обеспечивают доступ ко всем функциям анализатора.


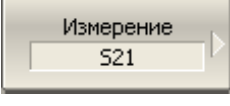
В модификации анализаторов ОБЗОР – 304 и ОБЗОР - 804 управление программными кнопками осуществляется функциональными клавишами, расположенными справа от экрана, мышью, либо с помощью сенсорного экрана.

В модификации анализаторов, предназначенных для работы с внешним компьютером, управление программными кнопками осуществляется мышью.

Кроме того, управление программными кнопками возможно с клавиатуры при помощи клавиш: «↑», «↓», «←», «→», «Enter», «Esc», «Home».

В таблице 2.1 дано описание различных типов программных кнопок.

Таблица 2.1 Типы программных кнопок

	<p>Верхняя программная кнопка представляет собой заголовок меню и служит для возврата на верхний уровень меню. Если она выделена синим цветом, то ввод с клавиатуры направляется программным кнопкам.</p>
	<p>Выделенная программная кнопка отображается темным цветом. Нажатие клавиши «Enter» вызывает функцию данной кнопки. Перемещение выделения производится клавишами «↑», «↓» или вращающейся ручкой.</p>
	<p>Круглая отметка слева на программной кнопке обозначает выбранную функцию из нескольких возможных.</p>
	<p>Отметка в виде галки слева на программной кнопке обозначает активную функцию, которую можно либо включить, либо отключить.</p>
	<p>Стрелка справа на программной кнопке означает переход на нижний уровень меню.</p>
	<p>Текстовое поле в нижней строки программной кнопки служит для указания выбранной функции.</p>
	<p>Числовое поле в нижней строке программной кнопки служит для ввода числовых данных.</p>
	<p>Программная кнопка навигации появляется в том случае, когда панель программных кнопок не вмещает всех кнопок. Она служит для перемещения по панели программных кнопок.</p>

Для навигации по меню программных кнопок кроме указанных клавиш «↑», «↓», возможно использовать клавиши «←», «→», «Esc», «Home»:

- Клавиша «←» вызывает переход на верхний уровень меню.
- Клавиша «→» вызывает переход на нижний уровень меню, если имеется выделенная клавиша со стрелкой вправо.
- Клавиша «Esc» действует аналогично клавише «←».
- Клавиша «Home» вызывает переход на главный уровень меню.

Примечание

Указанные клавиши осуществляют навигацию по меню программных кнопок в том случае, когда нет активного поля ввода. В этом случае верхняя программная кнопка отображается синим цветом.

2.3 Строка меню

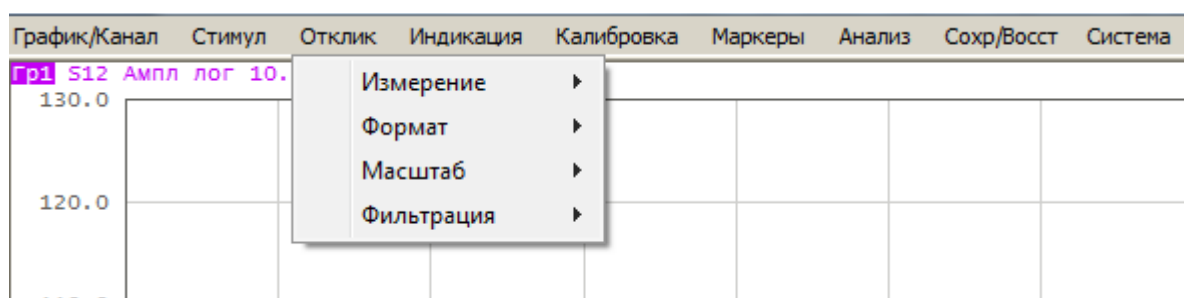


Рисунок 2.2 Строка меню

Строка меню располагается в верхней части окна программы. Она является вспомогательным меню и служит для быстрого доступа к разделам основного меню, а также дублирует функции наиболее часто используемых программных кнопок. Строка меню может быть отключена для увеличения области графиков. Строка меню управляется мышью или сенсорным экраном.

Примечание

Для отключения строки меню нажмите программные кнопки: **Индикация > Свойства > Строка меню**

2.4 Строка состояния анализатора



Рисунок 2.3 Строка состояния анализатора

Строка состояния анализатора располагается в нижней части экрана. Она может содержать сообщения о состоянии анализатора, состоянии системы запуска, выполнении калибровки, ошибках и т.д. Возможные сообщения представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 Возможные сообщения в строке состояния анализатора

Наименование поля	Сообщение	Значение
Состояние DSP	Не готов	Нет связи между DSP и компьютером
	Загрузка	Идет загрузка программного обеспечения DSP
	Готов	DSP работает в нормальном режиме
Состояние системы запуска	Измер	Выполняется цикл сканирования
	Стоп	Сканирование остановлено
	Внеш	Ожидание запуска сканирования: источник запуска – внешний сигнал
	Ручн	Ожидание запуска сканирования: источник запуска – ручной
	Шина	Ожидание запуска сканирования: источник запуска – команда управления через интерфейс GPIB или LAN
Калибровка	Выполнение калибровки...	Выполняется измерение калибровочной меры
ВЧ сигнал	ВЧ откл	Стимулирующий ВЧ сигнал отключен
Внешняя опора	Внеш. опора	Вход внешней опорной частоты 10 МГц включен
Обновление дисплея	Обнов. откл	Обновление дисплея отключено
Состояние системной калибровки	Сис. кор. откл	Системная коррекция отключена.
Ошибка заводской калибровки	Ошибка мощности	Ошибка ПЗУ калибровки мощности.
	Ошибка сист. калибровки	Ошибка ПЗУ системной калибровки.

Наименование поля	Сообщение	Значение
Состояние внешнего измерителя мощности	Изм. мощности: сообщение	При подключении внешнего измерителя мощности через USB или переход USB/GPIB индицируются следующие сообщения: подключение, ошибка подключения, готов, измерение, уст. нуля, ошибка уст. нуля.

2.5 Окно канала

Окно канала служит для отображения результатов измерений в виде графиков и числовых величин. В окне программы может быть одновременно размещено до 16 окон канала. Каждому окну канала соответствует логический канал. Логический канал может быть представлен как отдельный анализатор, который имеет собственные параметры, такие как:

- Установки стимулирующего сигнала, такие как диапазон частот, мощность, закон сканирования;
- Полосу ПЧ и усреднение;
- Калибровку.

Физический анализатор обрабатывает логические каналы по очереди.

В свою очередь в каждом окне канала может быть размещено до 16 графиков измеряемых величин. Общий вид окна канала представлен на рисунке 2.4.

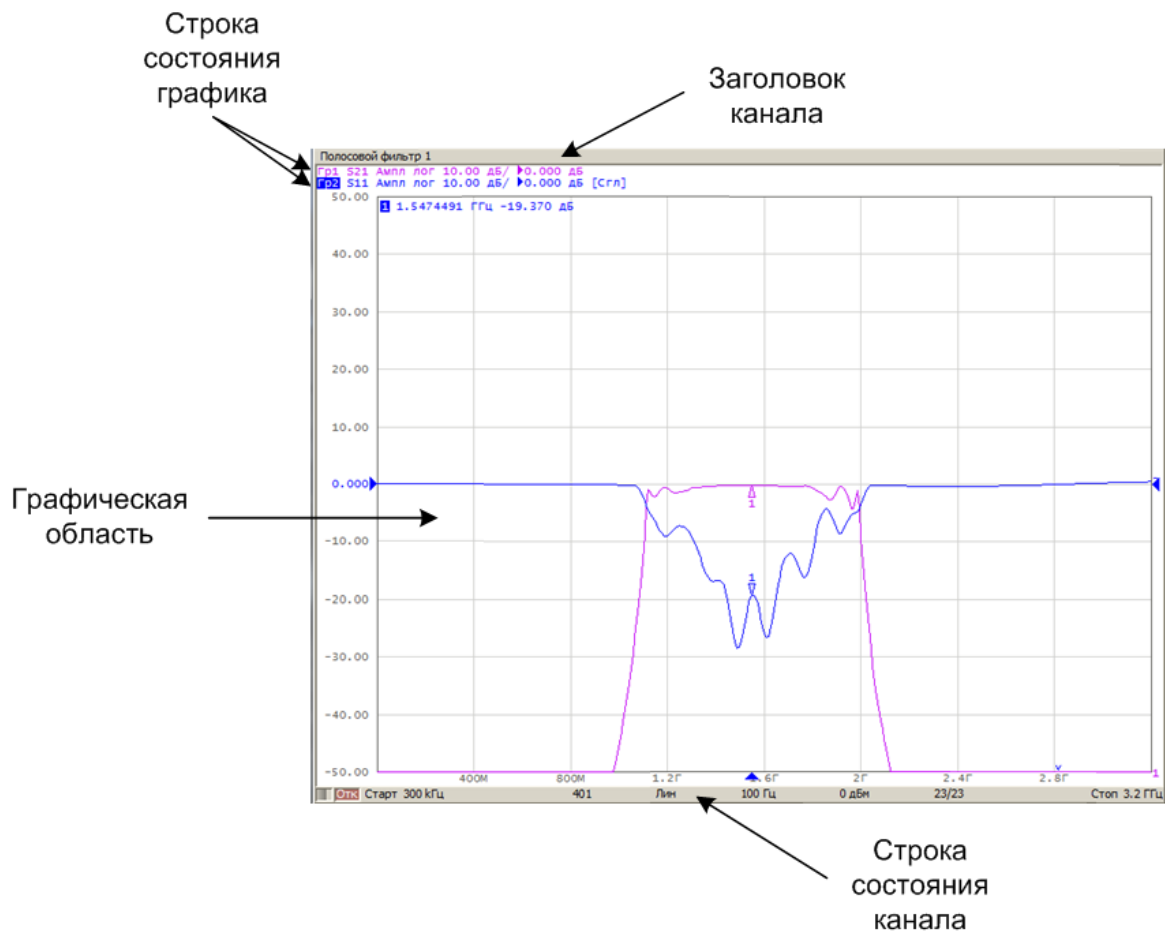


Рисунок 2.4 Окно канала

2.5.1 Заголовок канала

Заголовок канала служит для ввода пользовательского комментария для окна канала. Заголовок по умолчанию отключен для увеличения области графиков.

Включение и отключение заголовка	Включение и отключение заголовка производится программными кнопками: Индикация > Заголовок.
Редактирование заголовка	Переход к редактированию заголовка производится программными кнопками: Индикация > Редактир. Заголовок. Возможен быстрый переход к редактированию заголовка щелчком мыши по нему

2.5.2 Строка состояния графика



Рисунок 2.5 Строка состояния графика

Строка состояния графика служит для отображения наименования и параметров графиков. Число строк состояния соответствует числу графиков канала.

Примечание	С помощью строки состояния графика возможно быстрое измерение параметров графика с использованием мыши, как описано в разделе 3.9.
-------------------	--

Каждая строка содержит следующую информацию об одном графике канала:

- Наименование графика от «Гр1» до «Гр16». Наименование активного графика выделено инверсным цветом;
- Измеряемый параметр: «S11», «S21», «S12», «S22», либо абсолютные измерения мощности «A(n)», «B(n)», «R1(n)», «R2(n)»;
- Формат представления, например «Ампл лог»;
- Масштаб графика в единицах измерения на деление, например, «10.0 дБ/»;
- Значение опорной линии, например, «▶ 0.000 дБ», где «▶» – знак опорной линии;
- Свойства графика – символы, заключенные в квадратные скобки (таблица 2.3).

Таблица 2.3 Значение символов в свойствах графика

Свойство	Символы	Значение
Коррекция ошибок	RO	Нормализация отражения мерой XX
	RS	Нормализация отражения мерой K3
	RT	Нормализация передачи переключкой
	OP	Однонаправленная двухпортовая калибровка
	F1	Полная однопортовая калибровка
	F2	Полная двухпортовая или TRL калибровка
	SMC	Скалярная калибровка смесителей
Прочие калибровки	Кп	Коррекция приемника
	Км	Коррекция мощности

Свойство	Символы	Значение
Анализ данных	Z0	Преобразование импеданса порта
	Иск	Исключение цепи
	Вст	Встраивание цепи
	УП	Удлинение порта
Индикация графика	Ничего	График данных
	Д&П	Графики данных и памяти
	П	График памяти
	Откл	Графики данных и памяти отключены
Математическая операция над графиками	Д+П	Данные = Данные + Память
	Д-П	Данные = Данные – Память
	Д*П	Данные = Данные * Память
	Д/П	Данные = Данные / Память
Электрическая длина	Здр	Указана не нулевая электрическая длина.
Сглаживание	Сгл	Сглаживание графика
Временная селекция	Сел	Селекция во временной области

Свойство	Символы	Значение
Преобразование параметров устройства	Zr	Преобразование во входной импеданс
	Zt	Преобразование в проходной импеданс
	Yr	Преобразование во входную проводимость
	Yt	Преобразование в проходную проводимость
	1/S	Инверсия параметра
	Ztsh	Преобразование в импеданс эквивалентного шунта
	Ytsh	Преобразование в проводимость эквивалентного шунта
	Conj	Операция комплексного сопряжения

2.5.3 Графическая область

Графическая область служит для размещения графиков и цифровых данных.

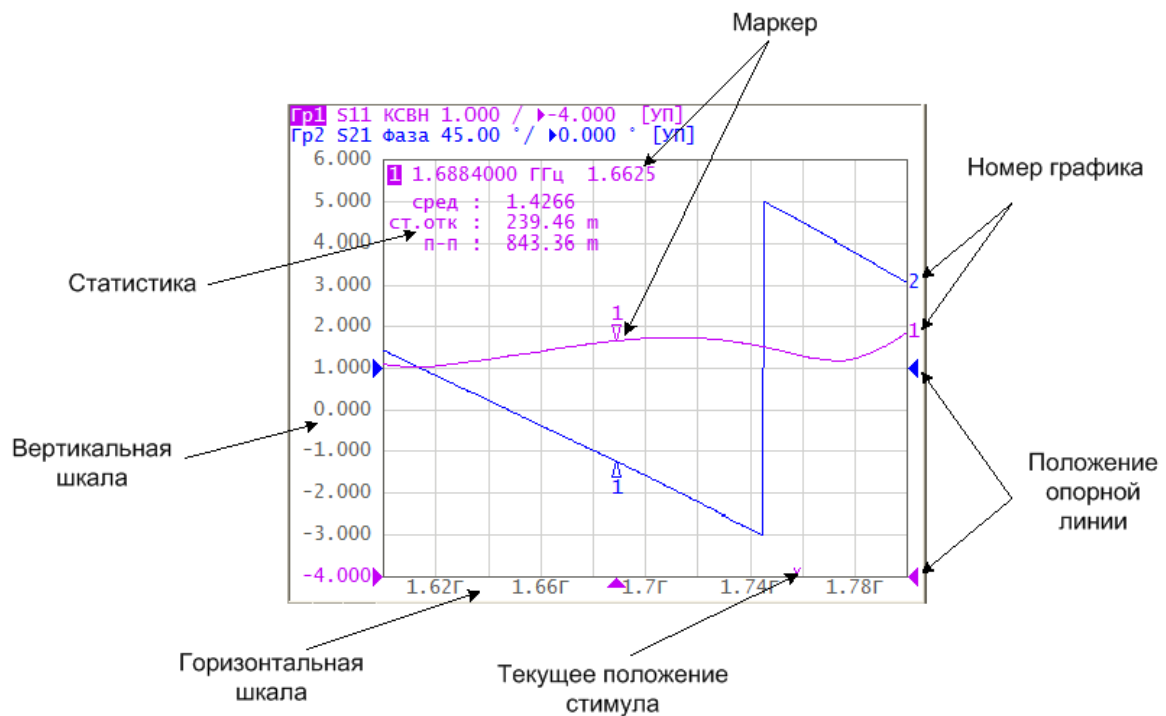


Рисунок 2.6 Графическая область

Графическая область содержит следующие элементы:

- *Вертикальная шкала.* Индицирует цифровые значения вертикальной шкалы активного графика. Возможно выбрать режим индикации цифровых значений для всех графиков, либо отключить цифровые значения для увеличения области графика;
- *Горизонтальная шкала.* Индицирует цифровые значения шкалы стимулов канала (частота, мощность или время). Возможно отключить цифровые значения для увеличения области графика;
- *Положение опорной линии.* Указывает положение опорной линии графика;
- *Маркеры.* Индицируют значения измеряемой величины в различных точках активного графика. Возможно выбрать режим индикации маркеров для всех графиков одновременно;
- *Функции маркерных вычислений:* статистика, полоса пропускания, неравномерность, полосовой фильтр;
- *Номер графика.* Позволяет идентифицировать график при печати в черно-белом варианте;

- Текущее положение стимулирующего сигнала (появляется, если длительность сканирования превышает 1,5 секунды).

Примечание

С помощью указанных элементов графической области возможно быстрое управление мышью всех параметров графика, как описано в разделе 3.9.

2.5.4 Размещение графиков в окне канала.

Если в окне канала включено более одного графика, то пользователь имеет возможность разместить их. Отдельные графики могут занимать общую часть окна канала (рисунок 2.6), либо могут быть размещены в отдельных частях (рисунок 2.7).

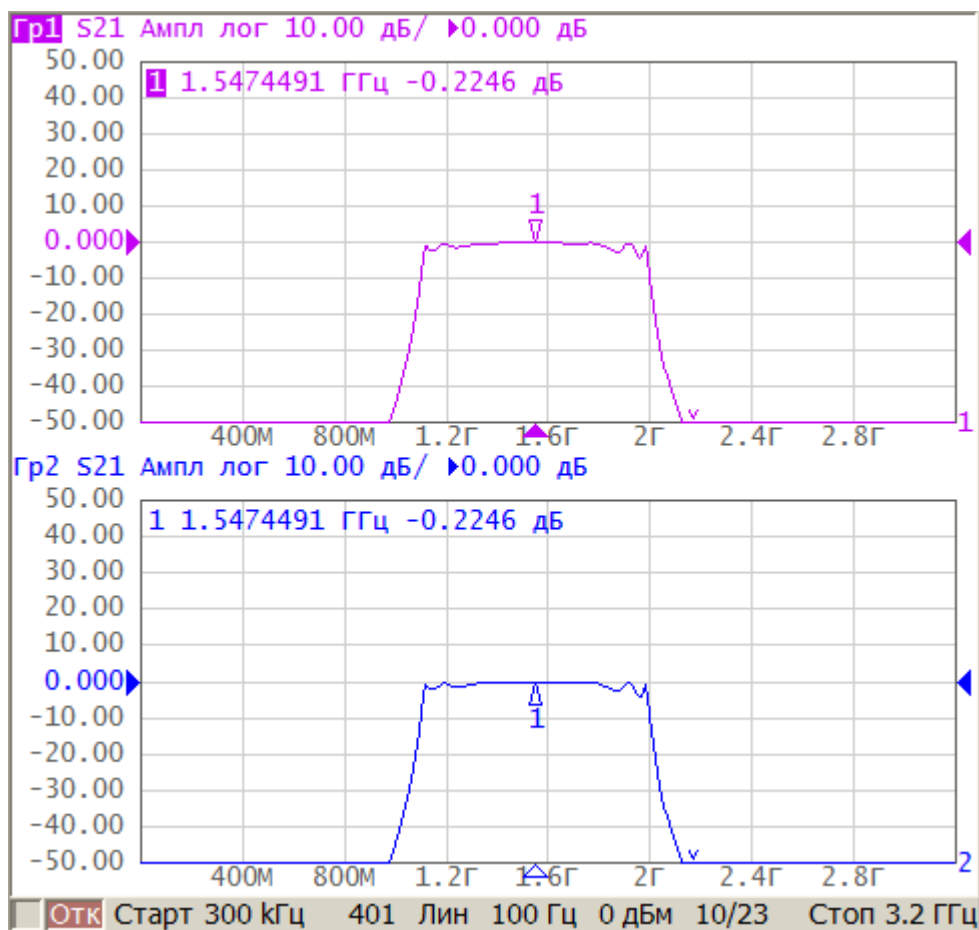


Рисунок 2.7 Пример размещения двух графиков в окне канала

2.5.5 Маркеры

Маркеры служат для индикации значений измерений в указанных точках графика (рисунок 2.8).

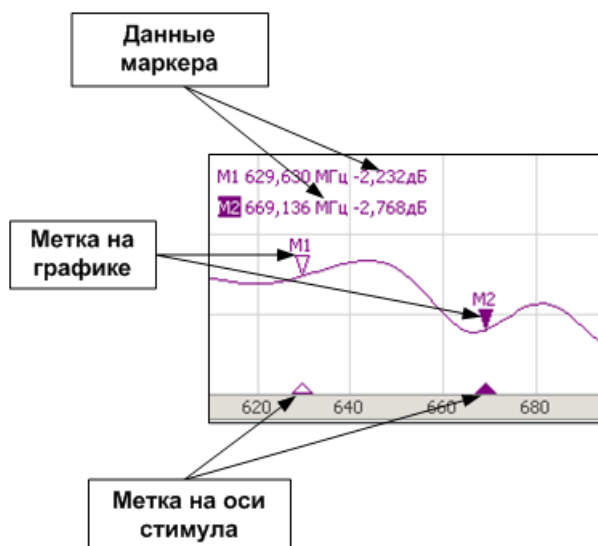


Рисунок 2.8 Маркеры

Маркеры нумеруются цифрами от 1 до 15. Опорный маркер вместо номера обозначается символом R. Активный маркер выделен следующим образом: номер отображается инверсным цветом, метка располагается над графиком, метка стимула закрашена сплошным цветом.

2.5.6 Строка состояния канала

Строка состояния канала располагается в нижней части окна канала. Она содержит элементы, показанные на рисунке 2.9.

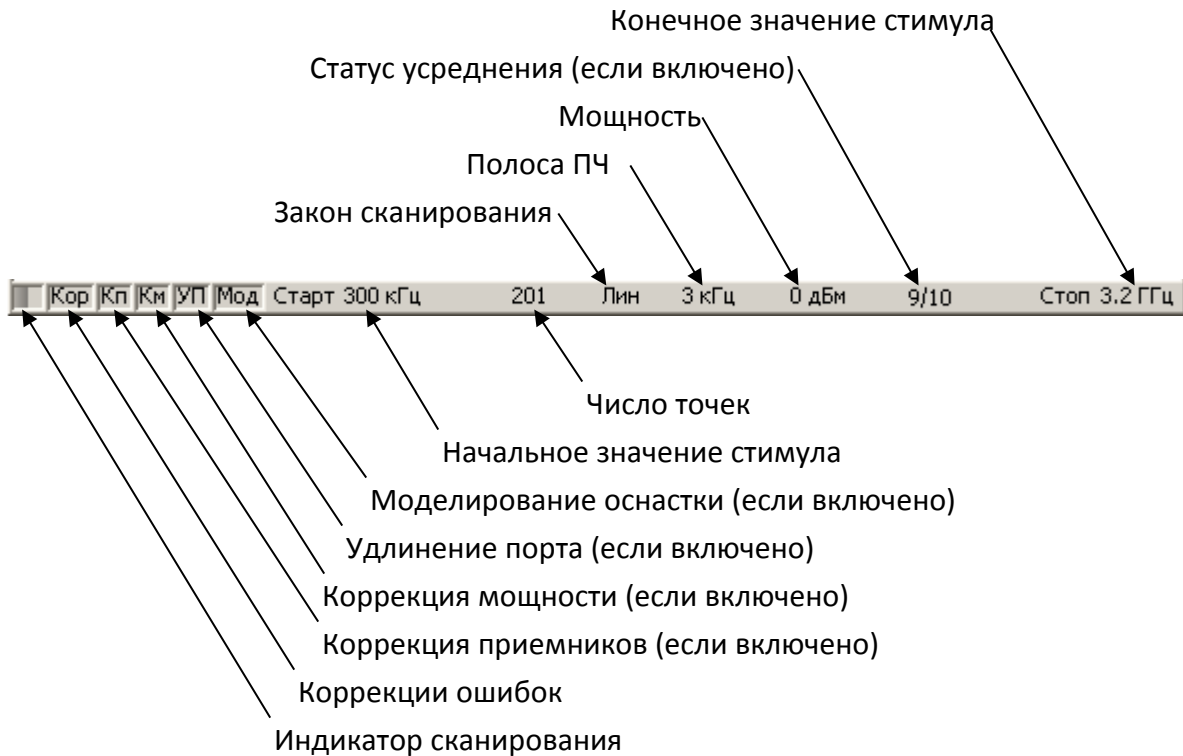


Рисунок 2.9 Строка состояния канала

- *Индикатор сканирования* отображает бегущую полосу, когда происходит обновление данных канала;
- Поле *коррекция ошибок* показывает обобщенный статус коррекции ошибок для графиков S-параметров. Значения данного поля приведены в таблице 2.4;
- Поле *коррекция приемников* показывает обобщенный статус коррекции приемников для графиков абсолютных измерений мощности. Значения данного поля приведены в таблице 2.5;
- Поле *коррекция мощности* показывает обобщенный статус коррекции мощности для всех графиков. Значения данного поля приведены в таблице 2.6;
- Поле *удлинение порта* показывает обобщенный статус выполнения данной функции для графиков S-параметров. Если функция выполняется для всех графиков, то индицируются черные символы на сером фоне. Если функция выполняется только для части графиков, то индицируются белые символы на красном фоне;

- Поле *моделирование оснастки* показывает обобщенный статус выполнения данной функции для графиков S-параметров. К функциям моделирования оснастки относятся: преобразование импеданса порта, исключения цепи, встраивания цепи. Если функция выполняется для всех графиков, то индицируются черные символы на сером фоне. Если функция выполняется только для части графиков, то индицируются белые символы на красном фоне;

- Поле *начальное значение стимула* служит для индикации и ввода начального значения частоты или мощности, в зависимости от установленного типа сканирования. Данное поле можно перевести в режим индикации центрального значения, тогда слово «**Старт**» изменяется на «**Центр**».

- Поле *число точек* служит для индикации и ввода числа точек сканирования. Число точек сканирования может быть установлено от 2 до 10001.

- Поле *закон сканирования* служит для индикации и изменения закона сканирования. Значения данного поля приведены в таблице 2.7;

- Поле *полоса ПЧ* служит для индикации и переключения полосы ПЧ. Полоса ПЧ может быть установлена от 1 Гц до 30 кГц;

- Поле *мощность* служит для индикации и ввода выходной мощности портов. В режиме сканирования мощности – поле переключается в режим индикации фиксированной частоты источника сигнала.

- Поле *статус усреднения* индицируется, если включена функция усреднения. Первая цифра означает текущий счетчик усреднения, вторая цифра – фактор усреднения.

- Поле *конечное значение стимула* служит для индикации и ввода конечного значения частоты или мощности, в зависимости от установленного типа сканирования. Данное поле можно перевести в режим индикации полосы, тогда слово «**Стоп**» изменяется на «**Полоса**».

Таблица 2.4 Поле коррекция ошибок

Символы	Значение
Кор ¹⁾	Выполняется коррекция ошибок, установки стимула соответствуют калибровке.
К? ¹⁾	Выполняется коррекция ошибок, установки стимула не соответствуют калибровке. Используется интерполяция.
К! ¹⁾	Выполняется коррекция ошибок, установки стимула не соответствуют калибровке. Используется экстраполяция.
Отк ²⁾	Коррекция ошибок отключена.
--- ²⁾	Нет калибровочных данных. Калибровка не проводилась.
Примечание	<p>¹⁾ Черные символы на сером фоне – для всех графиков. Белые символы на красном фоне – для части графиков (другая часть графиков не калибрована).</p> <p>²⁾ Для всех графиков. Цвет символов – белый на красном фоне.</p>

Таблица 2.5 Поле коррекция приемников

Символы	Значение
Кп	Выполняется коррекция усиления приемников, установки стимула соответствуют калибровке.
Кп?	Выполняется коррекция усиления приемников, установки стимула не соответствуют калибровке. Используется интерполяция.
Кп!	Выполняется коррекция усиления приемников, установки стимула не соответствуют калибровке. Используется экстраполяция.
Примечание	<p>Черные символы на сером фоне – для всех графиков. Белые символы на красном фоне – для части графиков (другая часть графиков не калибрована).</p>

Таблица 2.6 Поле коррекция мощности

Символы	Значение
Км	Выполняется коррекция мощности портов, установки стимула соответствуют калибровке.
Км?	Выполняется коррекция мощности портов, установки стимула не соответствуют калибровке. Используется интерполяция.
Км!	Выполняется коррекция мощности портов, установки стимула не соответствуют калибровке. Используется экстраполяция.
Примечание	Черные символы на сером фоне – для всех графиков. Белые символы на красном фоне – для части графиков (другая часть графиков не калибрована).

Таблица 2.7 Типы сканирования

Символы	Значение
Лин	Линейный закон сканирования частоты.
Лог	Логарифмический закон сканирования частоты.
Сегм	Сегментный закон сканирования частоты.
Мощн	Линейный закон сканирования мощности.

3 Быстрое начало работы

В данном разделе приведен пример сеанса работы с анализатором. Показаны основные приемы работы с анализатором при измерении характеристик коэффициента отражения исследуемого устройства (ИУ). Измеряются две характеристики отражения ИУ: КСВН и фаза коэффициента отражения.

При измерении коэффициента отражения используется один порт анализатора. Анализатор передает стимулирующий сигнал на вход ИУ и принимает отраженную волну. Выход ИУ при этом, как правило, должен быть нагружен на согласованную нагрузку. Полученные результаты измерения могут быть представлены в различных форматах: в данном примере КСВН и фаза.

Типовая схема измерения коэффициента отражения ИУ показана на рисунке 3.1.



Для измерения КСВН и фазы коэффициента отражения ИУ, в данном примере производятся следующие действия:

- Подготовка анализатора к измерению коэффициента отражения;
- Установка параметров стимулирующего сигнала: диапазон частот, число точек;
- Установка полосы ПЧ;
- Установка числа графиков – 2, назначение графикам измеряемого параметра и формата представления;
- Установка масштаба графиков;
- Калибровка анализатора для проведения измерений коэффициента отражения;

- Исследование КСВН и фазы коэффициента отражения с помощью маркеров.

3.1 Подготовка анализатора к проведению измерений отражения

Включите и прогрейте анализатор в течение времени, указанного в технических характеристиках.

***Определение
работоспособности
анализатора***

В нижней части экрана располагается строка статуса анализатора. В строке статуса анализатора должна индексироваться надпись «Готов». Над строкой статуса расположена строка статуса канала, в ее левой части расположен индикатор сканирования канала. Полоска индикатора должна непрерывно перемещаться.

Подключите к измерительному порту 1 прибора исследуемое устройство. Используйте кабели и адаптеры, необходимые для подключения входа ИУ к порту прибора. В случае если ИУ имеет вход типа 3.5 мм (розетка), то возможно непосредственное подключение ИУ к измерительному порту прибора.

3.2 Начальная установка

Перед проведением сеанса измерений рекомендуется привести анализатор в начальное состояние. Параметры начального состояния определены в приложении 1.

Для приведения анализатора в начальное состояние нажмите программные кнопки **Система > Начальная установка > Да**.



3.3 Установка параметров стимулирующего сигнала

После установки в начальное состояние параметры стимулирующего сигнала имеют следующее значение: диапазон частот от 100 кГц до 20 ГГц, закон сканирования по частоте – линейный, число точек – 201, мощность – 0 дБм.

В данном примере устанавливается диапазон частот от 10 МГц до 3 ГГц.

Для установки нижней частоты диапазона 10 МГц – нажмите программные кнопки **Стимул > Старт**.

Затем наберите на клавиатуре «1», «0». Завершите ввод нажатием на клавишу «М».



Для установки верхней частоты диапазона 3 ГГц – нажмите программные кнопки **Стимул > Стоп**.



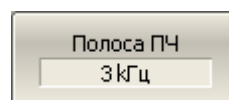
Затем наберите на клавиатуре «3». Завершите ввод нажатием на клавишу «Г».

Для возврата в главное меню нажмите верхнюю программную кнопку синего цвета.

3.4 Установка полосы ПЧ

В данном примере устанавливается полоса ПЧ 3кГц.

Для установки полосы ПЧ 3 кГц – нажмите программные кнопки **Фильтрация > Полоса ПЧ**.



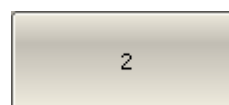
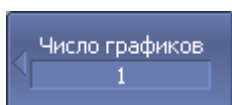
Затем наберите на клавиатуре «3». Завершите ввод нажатием на клавиши «x1» или «Enter»

Для возврата в главное меню нажмите верхнюю программную кнопку синего цвета.

3.5 Установка числа графиков, выбор измеряемого параметра и формата представления

В данном примере используются два графика – для одновременной индикации на экране двух параметров: КСВН и фазы коэффициента отражения.

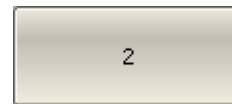
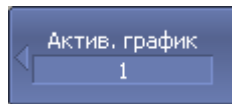
Для установки числа графиков – нажмите программные кнопки **Индикация > Число графиков > 2**.



Для возврата в главное меню нажмите верхнюю программную кнопку синего цвета.

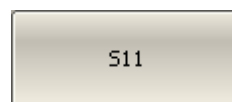
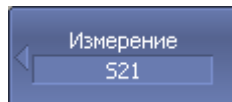
Перед изменением параметров второго графика необходимо выбрать его в качестве активного.

Для выбора второго графика в качестве активного – нажмите программные кнопки **Индикация > Активный график/канал > Активный график > 2**.



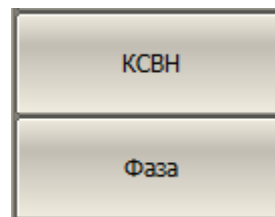
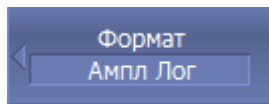
Для возврата в главное меню нажмите верхнюю программную кнопку синего цвета.

Второму графику необходимо назначить измеряемый параметр – S_{11} , первому графику данный параметр установлен после начальной установки.



Для назначения активному графику измеряемого параметра – нажмите программные кнопки **Измерение > S11**.

Затем необходимо установить первому графику формат представления – КСВН, а второму – фаза.



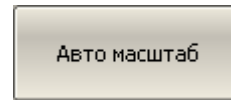
Для выбора формата активного графика – нажмите программные кнопки **Формат > КСВН** (для первого графика); **Формат > Фаза** (для второго графика).

Примечание

Перед изменением формата графика назначьте его в качестве активного как показано выше.

3.6 Установка масштаба графиков

Для удобства работы масштаб графиков изменяется с помощью функции автомасштабирования.



Для установки масштаба активного графика в автоматическом режиме – нажмите программные кнопки **Масштаб > Авто масштаб**.

Примечание

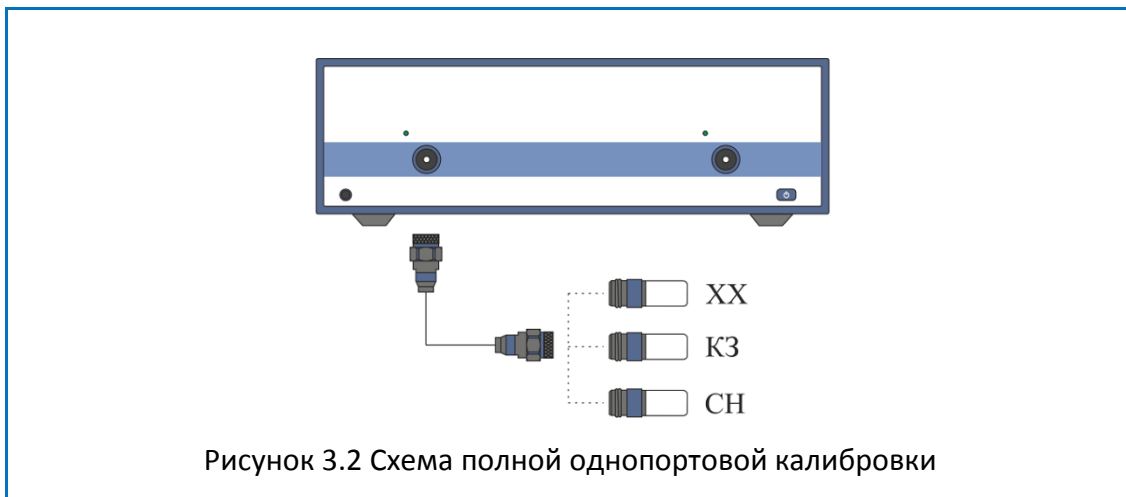
Перед изменением формата графика назначьте его в качестве активного как показано выше.

3.7 Калибровка анализатора для проведения измерений коэффициента отражения

Калибровка измерительной установки, включающей прибор, кабели и другие устройства, обеспечивающие подключение исследуемого устройства, позволяет значительно снизить погрешность измерения.

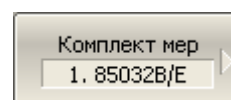
Для осуществления полной однопортовой калибровки необходимо подготовить комплект калибровочных мер: КЗ, ХХ, нагрузка. Комплект калибровочных мер имеет наименование и характеризуется числовыми параметрами мер. Для осуществления корректной процедуры калибровки необходимо правильно выбрать тип комплекта мер в программе.

Во время процедуры полной однопортовой калибровки меры по очереди подключаются к порту анализатора, как показано на рисунке 3.2.



Перед осуществлением измерений мер необходимо выбрать комплект мер. Рекомендуемые комплекты мер приведены в первой части руководства.

Для выбора комплекта мер нажмите программные кнопки **Калибровка > Комплект мер**.



Затем выберите из таблицы в нижней части экрана используемый комплект мер.

Для осуществления полной однопортовой калибровки необходимо провести измерения трех мер, после чего рассчитывается таблица калибровочных коэффициентов и сохраняется в памяти анализатора. Перед подключением мер, отсоедините исследуемое устройство от порта анализатора.

Для осуществления полной однопортовой калибровки нажмите программные кнопки:
Калибровка >Калибровать > Полн. 1–порт. калибровка.

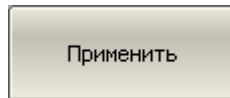


Подключите меру XX и нажмите программную кнопку **XX**.

Подключите меру K3 и нажмите программную кнопку **K3**.

Подключите меру нагрузка и нажмите программную кнопку **Нагрузка**.

Для завершения калибровки и расчета таблицы калибровочных коэффициентов нажмите программную кнопку **Применить**.



Подключите снова исследуемое устройство к порту анализатора.

3.8 Исследование КСВН и фазы коэффициента отражения с помощью маркеров

В данном разделе показано как с помощью маркеров определить значение измеряемой величины в трех частотных точках. Вид экрана анализатора показан на рисунке 3.3. В качестве исследуемого устройства в данном примере использована мера коэффициента отражения с КСВН = 1.2.

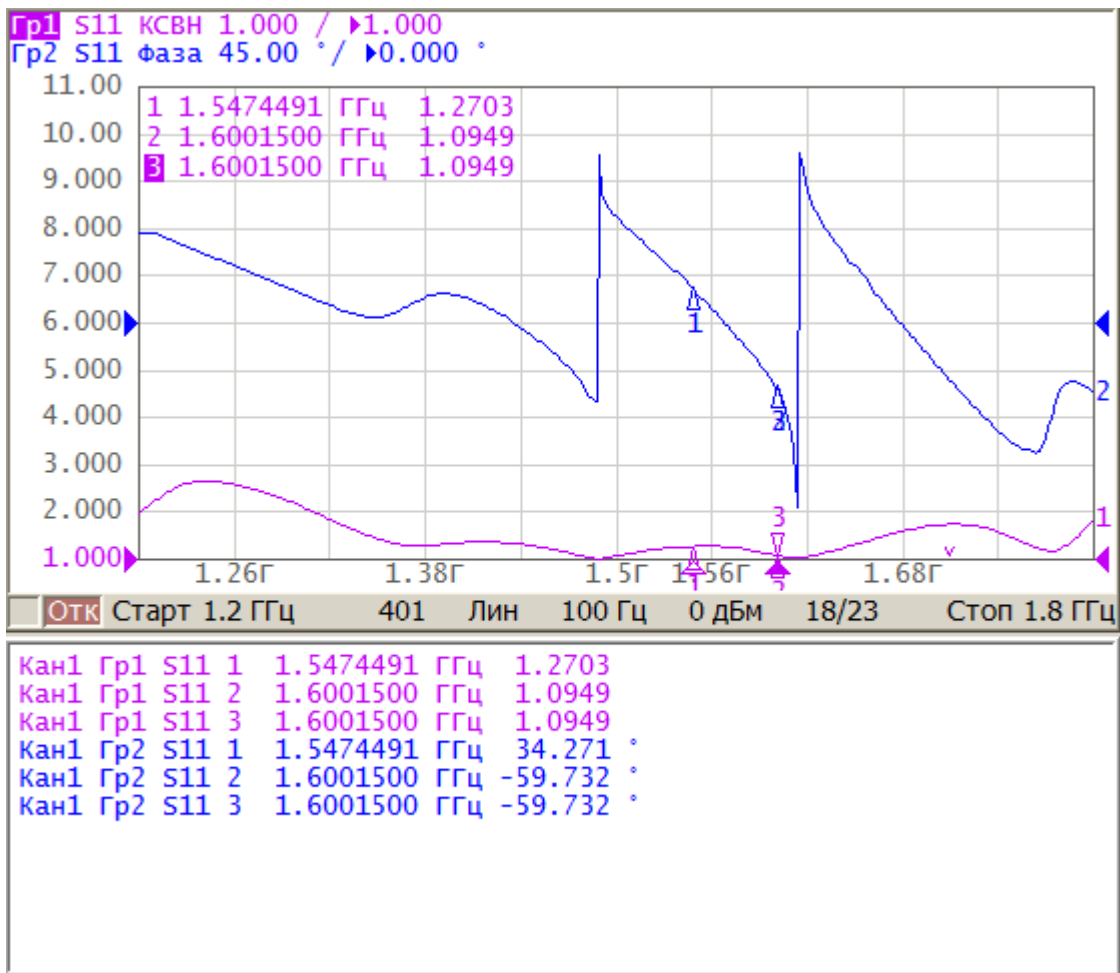
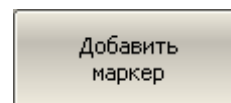


Рисунок 3.3 Пример измерения КСВН и фазы коэффициента отражения

Для добавления на экране нового маркера программные кнопки **Маркеры > Добавить маркер**.

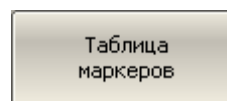
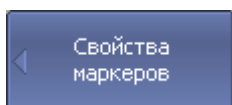


Затем введите значение частоты маркера. Например, для ввода частоты 200 МГц нажмите на клавиатуре «2», «0», «0», «М».

Повторите предыдущую процедуру для установки трех маркеров в различных частотных точках.

По умолчанию маркеры отображаются только для активного графика. Для индикации маркеров двух графиков одновременно – включите индикацию таблицы маркеров.

Для включения таблицы маркеров нажмите программные кнопки **Маркеры > Свойства > Таблица маркеров**



3.9 Быстрая установка параметров канала мышью

В данном разделе описываются приемы управления анализаторами, предназначенными для работы с внешним компьютером, не входящим в комплект поставки. При наведении указателя мыши на область внутри окна канала, которая позволяет изменить какой либо параметр канала – указатель мыши меняет свою форму, кроме того, для текстовых и числовых полей появляется линия подчеркивания.

Примечание

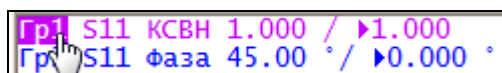
С помощью приемов, описанных в данном разделе, возможно устанавливать не все, а только наиболее часто используемые параметры канала. Доступ ко всем функциям канала осуществляется через панель программных кнопок.

3.9.1 Выбор активного канала

Выбор активного канала возможен в случае, когда открыто два и более окон канала. Окантовка окна активного канала выделена светлым цветом. Для изменения активного канала – щелкните мышью по окну канала.

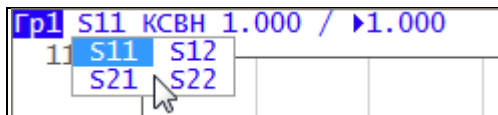
3.9.2 Выбор активного графика

Выбор активного графика возможен в случае, когда активное окно канала содержит два и более графика. Наименование активного графика выделено инверсным цветом. Для выбора активного графика щелкните мышью по строке состояния графика, либо по самому графику, либо по маркеру графика.



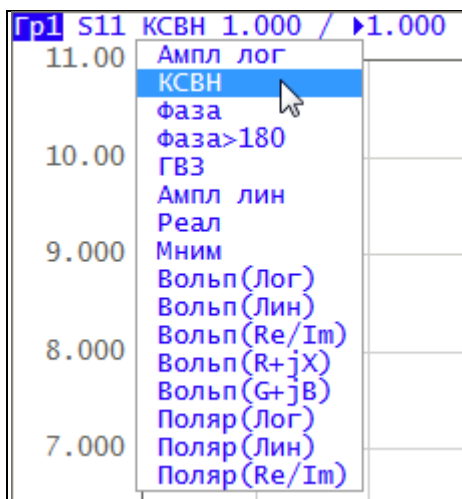
3.9.3 Назначение измеряемого параметра

Для назначения графику измеряемого параметра S_{11} , S_{21} , S_{12} или S_{22} щелкните мышью по наименованию измеряемой величины в строке состояния графика. Выберите измеряемую величину из выпадающего меню.



3.9.4 Выбор формата графика

Для выбора формата графика щелкните мышью по наименованию формата в строке состояния графика. Выберите формат из выпадающего меню.



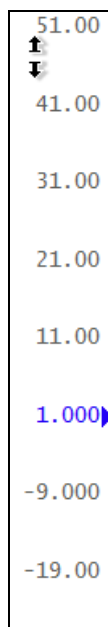
3.9.5 Установка масштаба графика

Масштаб графика – цена вертикального деления может быть установлен двумя способами.

Первый способ – введите числовое значение в строке состояния графика, для чего щелкните мышью по полю масштаба графика.



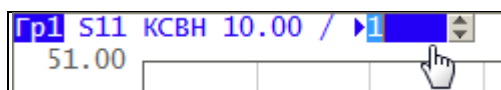
Второй способ – наведите указатель мыши на вертикальную шкалу, пока указатель не примет форму, показанную на рисунке. Необходимо наводить указатель мыши на верхнюю или нижнюю часть шкалы, примерно 10% от высоты шкалы. Нажмите левую кнопку мыши и двигайте указатель от центра шкалы для увеличения масштаба, либо к центру шкалы – для уменьшения масштаба.



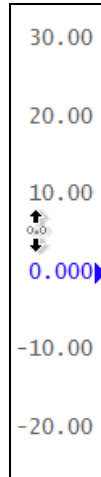
3.9.6 Установка значения опорной линии

Значение опорной линии, обозначенной на вертикальной шкале знаками «▶» и «◀» может быть установлено двумя способами.

Первый способ – введите числовое значение в строке состояния графика, для чего щелкните мышью по полю значения опорной линии.

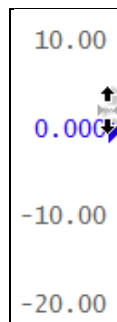


Второй способ – наведите указатель мыши на оцифровку вертикальной шкалы, пока указатель не примет форму, показанную на рисунке. Необходимо наводить указатель мыши на центральную часть шкалы, примерно 60% от высоты шкалы. Нажмите левую кнопку мыши и двигайте указатель вверх для увеличения, вниз для уменьшения значения опорной линии.



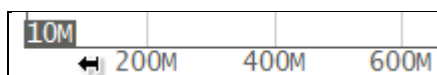
3.9.7 Установка положения опорной линии

Положение опорной линии, обозначенной на вертикальной шкале знаками «▶» и «◀» может быть установлено следующим способом. Наведите указатель мыши на знак опорной линии, пока он не примет форму, показанную на рисунке. Нажмите левую кнопку мыши и буксируйте знак опорной линии



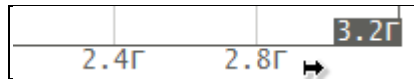
3.9.8 Установка начального значения диапазона сканирования

Наведите указатель мыши на шкалу стимула, пока он не примет форму, показанную на рисунке. Необходимо наводить указатель мыши на левую часть шкалы, примерно 10% от длины шкалы. Нажмите левую кнопку мыши и двигайте указатель вправо для увеличения, либо влево для уменьшения начального значения диапазона сканирования.



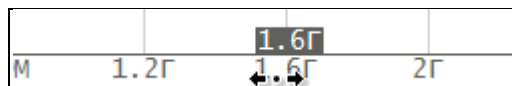
3.9.9 Установка конечного значения диапазона сканирования

Наведите указатель мыши на оцифровку шкалы стимула, пока он не примет форму, показанную на рисунке. Необходимо наводить указатель мыши на правую часть шкалы, примерно 10% от длины шкалы. Нажмите левую кнопку мыши и двигайте указатель вправо для увеличения, либо влево для уменьшения конечного значения диапазона сканирования.



3.9.10 Установка центра диапазона сканирования

Наведите указатель мыши на оцифровку шкалы стимула, пока он не примет форму, показанную на рисунке. Необходимо наводить указатель мыши на центральную часть шкалы, примерно 10% от длины шкалы. Нажмите левую кнопку и двигайте указатель вправо для увеличения, либо влево для уменьшения центрального значения диапазона сканирования.



3.9.11 Установка полосы сканирования

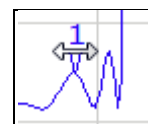
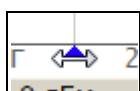
Наведите указатель мыши на оцифровку шкалы стимула, пока он не примет форму, показанную на рисунке. Необходимо наводить указатель мыши на центральную часть шкалы, примерно 60% от длины шкалы, исключая сам центр. Нажмите левую кнопку и двигайте указатель вправо для увеличения, либо влево для уменьшения полосы сканирования.



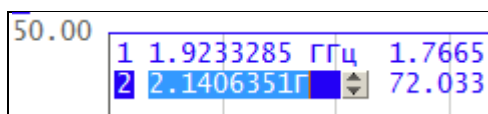
3.9.12 Установка значения стимула маркера

Значение стимула маркера может быть установлено буксировкой мышью указателей маркера, либо вводом значения стимула с цифровой клавиатуры.

Для буксировки маркера мышью наведите мышь на один из указателей маркера, пока он не примет форму, показанную на рисунках

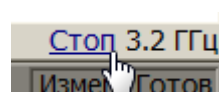
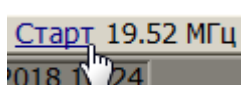


Для ввода числового значения стимула в строке данных маркера, щелкните мышью по нему.



3.9.13 Переключение режима «Старт / Центр» и «Стоп / Полоса»

Для переключения режима «Старт / Центр» и «Стоп / Полоса» щелкните мышью по соответствующему полю строки состояния канала. При этом наименования «Старт» и «Стоп» меняются на «Центр» и «Полоса», соответственно. Оцифровка шкала стимулов также меняет свое представление.



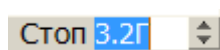
3.9.14 Установка значения поля «Старт / Центр»

Для ввода числового значения поля «Старт / Центр» щелкните мышью по данному полю в строке состояния канала.



3.9.15 Установка значения поля «Стоп / Полоса»

Для ввода числового значения поля «Стоп / Полоса» щелкните мышью по данному полю в строке состояния канала.



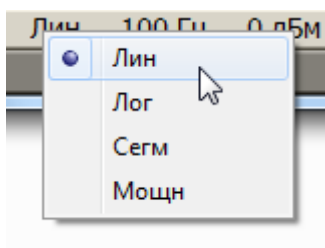
3.9.16 Установка числа точек сканирования

Для ввода числа точек сканирования щелкните мышью по данному полю в строке состояния канала.



3.9.17 Установка типа сканирования

Для установки типа сканирования щелкните мышью по соответствующему полю строки состояния канала. Выберите тип сканирования из выпадающего меню.

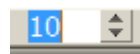
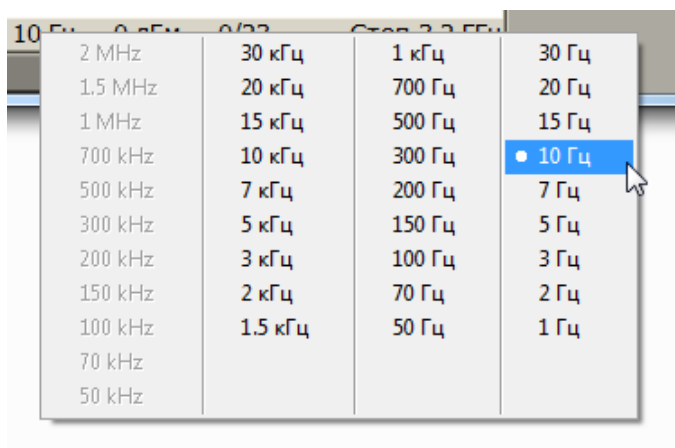


3.9.18 Установка полосы ПЧ

Полоса ПЧ может быть установлена путем выбора из выпадающего меню или путем ввода с цифровой клавиатуры.

Для выбора из выпадающего меню щелкните правой клавишей мыши по полю полосы ПЧ в строке состояния канала.

Для ввода полосы ПЧ щелкните левой клавишей мыши по данному полю в строке состояния канала.



3.9.19 Установка поля «Мощность / Фиксированная частота»

Для ввода значения поля «Мощность / Фиксированная частота» в строке состояния канала щелкните мышью по числовому значению поля. Назначение данного поля зависит от текущего типа сканирования: при сканировании частоты данное поле служит для ввода мощности, а при сканировании мощности – фиксированной частоты.



4 Установка параметров анализатора

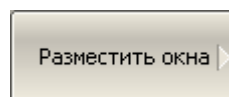
4.1 Установка каналов и графиков

Анализатор содержит 16 каналов, предназначенных для выполнения измерений при различных установках параметров стимулирующего сигнала. Параметры и объекты управления, относящиеся к каналу приведены в таблице 4.1.

4.1.1 Размещение окон каналов

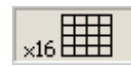
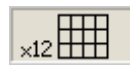
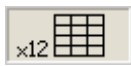
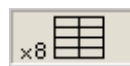
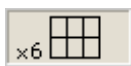
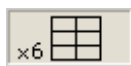
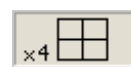
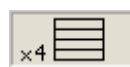
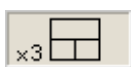
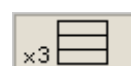
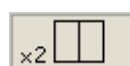
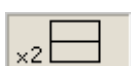
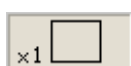
Канал на экране представлен отдельным окном. На экране может быть открыто от 1 до 16 окон каналов. По умолчанию открыто одно окно канала. При необходимости открыть два или более окна – разместите их на экране как показано ниже.

Для размещения окон каналов – нажмите программные кнопки **Индикация >**
Разместить окна.



Затем выберите из меню число и размещение окон каналов.

Число и размещение окон каналов на экране задано в виде нескольких схем, приведенных ниже.



В соответствии со схемами, окна каналов не могут перекрываться. Каналы открываются, начиная с младших номеров.

Примечание

Для каждого открытого окна канала необходимо установить параметры стимулирующего сигнала, другие установки и провести калибровку.

Перед установкой параметров канала необходимо выбрать канал в качестве активного.

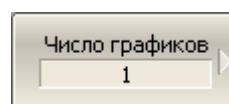
Выполнение измерений для каждого открытого окна канала производится по очереди. Для каналов со скрытыми окнами, выполнение измерений не производится.

4.1.2 Установка числа графиков

В каждом окне канала может быть размещено до 16 различных графиков. Каждому графику назначается измерение (S-параметр), формат представления и другие параметры. Параметры и объекты управления, относящиеся к графику приведены в таблице 4.8.

Графики в окне канала могут размещаться в одной области с наложением, или в отдельных областях. Установка графиков производится в два шага – установка числа графиков, и размещение графиков в окне канала. По умолчанию окно канала содержит один график. При необходимости включить два или более графика – установите число графиков как показано ниже.

Для установки числа графиков – нажмите программные кнопки **Индикация > Число графиков**.



Затем выберите из меню число и графиков.

Графикам присваивается наименование, которое не может быть изменено. В наименовании графика содержится его номер. Графики именуются следующим образом: **Гр1, Гр2 ... Гр16**.

Каждому графику присваиваются начальные параметры: измерение, формат, масштаб, цвет, которые могут быть изменены пользователем.

- Измерение по умолчанию присваивается, начиная с первого графика в следующем порядке: S_{11} , S_{21} , S_{12} , S_{22} , затем измерения циклически повторяются.
- Форматом по умолчанию для всех графиков является *амплитуда в логарифмическом масштабе* (дБ).
- Масштабом по умолчанию является – 10 дБ в делении, значение опорной линии 0 дБ, положение опорной линии в центре графика.
- Цвет графика определяется его номером. Пользователь имеет возможность изменить цвета графиков.

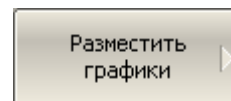
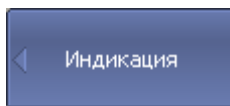
Примечание

Полный цикл обновления графиков канала зависит от набора измеряемых S-параметров и типа калибровки. Он может включать один цикл сканирования порта 1 или порта 2 в качестве источника сигнала, или он может включать два последовательных цикла сканирования – порт 1 затем порт 2. Например, при измерении двух графиков S_{11} , S_{22} – осуществляется два последовательных цикла сканирования. При использовании полной двухпортовой калибровки – также осуществляется два последовательных цикла сканирования, независимо от числа графиков и измеряемых S-параметров.

4.1.3 Размещение графиков

По умолчанию все графики размещаются в одной области с наложением. При необходимости разместить графики в отдельных областях – определите размещение графиков в окне канала как показано ниже.

Для размещения графиков в окне канала – нажмите программные кнопки **Индикация** > **Разместить графики**.



Затем выберите из меню число и размещение отдельных областей в окне канала.

Число и размещение областей в окне канала задано в виде нескольких схем, приведенных в разделе 4.1.1.

В отличие от окон каналов, число графиков и их размещение не связаны. Число графиков и число областей для их размещения задаются отдельно.

- В случае, когда число графиков и число областей совпадает – все графики размещаются отдельно, каждый в своей области.
- В случае, когда число графиков превышает число областей – графики размещаются, начиная с младшего номера, каждый в своей области до исчерпания числа областей. Затем процесс размещения продолжается, начиная с первой области.
- В случае, когда число графиков меньше числа областей – незанятые области остаются пустыми.

Оцифровка вертикальной шкалы графика при наложении нескольких графиков в окне – относится к активному графику.

Примечание	Предусмотрена возможность включить оцифровку вертикальной шкалы для всех графиков канала, которая по умолчанию отключена. Подробнее см. раздел 8.8.
-------------------	---

Данные маркеров при наложении нескольких графиков в окне – относятся к активному графику.

Примечание	Для индикации данных маркеров для всех графиков одновременно есть две возможности. Первая – воспользуйтесь функцией <i>таблица маркеров</i> (раздел 6.1.6.2). Вторая – включите групповую индикацию маркеров, которая по умолчанию отключена (раздел 6.1.6.4).
-------------------	--

Оцифровка шкалы стимулов совпадает для всех графиков канала. Исключением является случай, когда для некоторых графиков используется преобразование во временной области. В этом случае оцифровка шкалы стимулов относится к активному графику.

Таблица 4.1 Параметры и объекты управления канала

N	Наименование параметра или объекта
1	Тип сканирования
2	Диапазон сканирования
3	Число точек

N	Наименование параметра или объекта
4	Мощность источника
5	Функция наклона мощности
6	Фиксированная частота
7	Таблица сегментного сканирования
8	Режим запуска
9	Полоса ПЧ
10	Усреднение
11	Калибровка
12	Моделирование устройства подключения

Таблица 4.2 Параметры и объекты управления графика

N	Наименование параметра или объекта
1	Измерение (S–параметр)
2	Формат представления
3	Масштаб, значение и положение опорной линии
4	Электрическая длина, смещение фазы
5	Память графика, математическая операция с графиком
6	Сглаживание
7	Маркеры
8	Временная область
9	Преобразование параметров
10	Допусковый контроль

4.1.4 Выбор активного канала и графика

Ввод параметров каналов и графиков направляется *активному* каналу или *активному* графику, соответственно.

Активный канал выделен окантовкой окна светлого цвета. Активный график принадлежит активному каналу, его наименование выделено инверсным цветом.

Перед установкой параметров канала или графика необходимо назначить активный канал или график, соответственно.

Для выбора активного канала или графика – нажмите программные кнопки **Индикация > Активный канал/график**. Затем выберите активный график по его номеру кнопкой **Активный график** или кнопками **Предыдущий график** или **Следующий график**.



Выбор активного канала осуществляется аналогично.

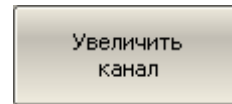


4.1.5 Увеличение окна канала и графика

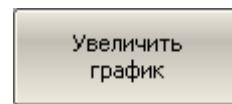
Когда на экране отображается несколько окон каналов, пользователь имеет возможность временно увеличить окно активного канала на весь экран. Остальные окна каналов при этом скрыты, но их измерения продолжают.

Аналогично, когда в окне канала отображается несколько графиков, пользователь имеет возможность временно увеличить активный график в окне канала. Остальные графики при этом скрыты, но их измерения продолжают.

Для включения / отключения увеличения окна активного канала – нажмите программные кнопки **Индикация > Активный канал/график > Увеличить канал.**



Для включения / отключения увеличения активного графика – нажмите программные кнопки **Индикация > Активный канал/график > Увеличить график.**



Примечание

Функция увеличения окна канала и графика возможна двойным щелчком мыши по нему (в измерителе с сенсорным экраном – двойным щелчком по экрану).

4.2 Установка параметров стимула

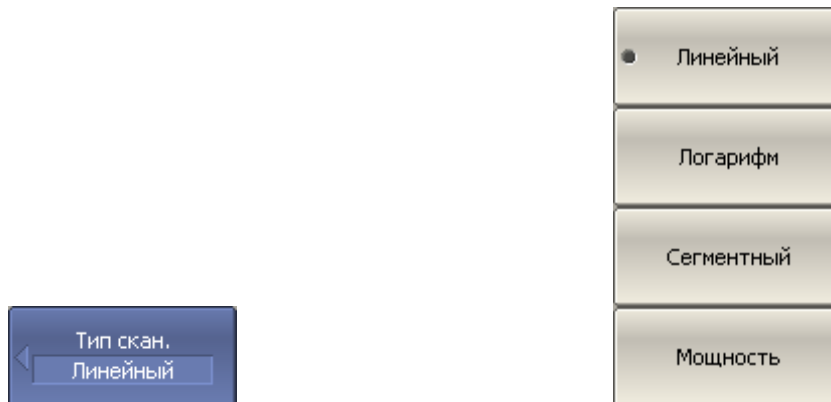
Установка параметров стимула производится для каждого канала. Перед установкой параметров стимула канала необходимо выбрать канал в качестве активного.

Примечание

Для достижения более точных результатов измерений – проводите измерения с теми же параметрами стимула, которые действовали при калибровке.

4.2.1 Выбор типа сканирования

Для выбора типа сканирования – нажмите программные кнопки **Стимул > Тип скан.**



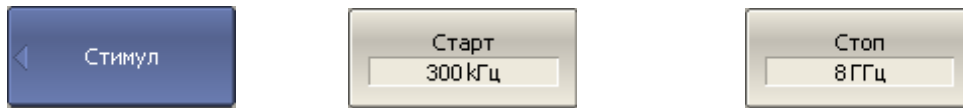
Затем выберите тип сканирования:

- **Линейный:** линейный закон сканирования частоты;
- **Логарифм:** логарифмический закон сканирования частоты;
- **Сегментный:** сегментный закон сканирования частоты;
- **Мощность:** линейный закон сканирования мощности.

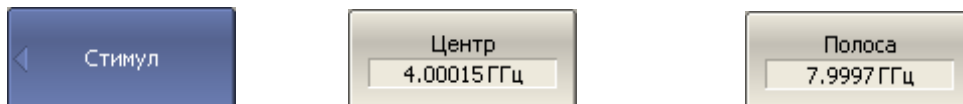
4.2.2 Установка диапазона сканирования

Диапазон сканирования задается для линейного и логарифмического закона сканирования частоты (Гц), а также для линейного закона сканирования мощности (дБм). Диапазон сканирования может быть задан в виде начального и конечного значений или в виде центрального значения и полосы.

Для ввода начального и конечного значения диапазона – нажмите программные кнопки **Стимул > Старт | Стоп**.



Для ввода центрального значения диапазона или полосы – нажмите программные кнопки **Стимул > Центр | Полоса**.



Примечание В режиме сканирования мощности надписи на программных кнопках **Старт, Стоп, Центр, Полоса** принимают значение мощности, например **10 дБм**.

4.2.3 Установка количества точек

Количество точек сканирования задается для линейного и логарифмического закона сканирования частоты, а также для линейного закона сканирования мощности.

Для ввода количества точек – нажмите программные кнопки **Стимул > Точек**.



4.2.4 Установка мощности

Мощность источника задается для линейного и логарифмического закона сканирования частоты. Для сегментного закона сканирования частоты порядок задания мощности, описываемый в данном разделе, используется при задании одинаковой мощности для всех сегментов. Задание мощности для каждого сегмента в отдельности описано в разделе «Установка таблицы сегментов».

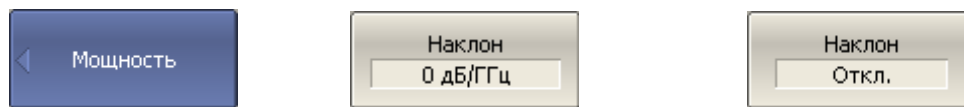
Для ввода значения мощности – нажмите программные кнопки **Стимул > Мощность > Мощность**.



4.2.5 Наклон мощности

Функция наклона мощности служит для компенсации потерь в соединительном кабеле с ростом частоты. Функция наклона мощности применяется для линейного, логарифмического и сегментного закона сканирования частоты.

Для ввода значения наклона мощности – нажмите программные кнопки **Стимул > Мощность > Наклон (дБ/ГГц)**.



Для включения / выключения функции наклона мощности – нажмите программные кнопки **Стимул > Мощность > Наклон (Вкл/Откл)**.

4.2.6 Установка фиксированной частоты

Фиксированная частота определяет частоту источника при линейном законе сканирования мощности.

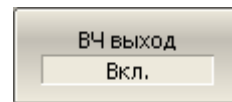
Для ввода значения фиксированной частоты – нажмите программные кнопки **Стимул > Мощность > Фикс.частота**.



4.2.7 Отключение стимулирующего сигнала

Функция служит для временного отключения стимулирующего сигнала. Измерения с отключенным стимулирующим сигналом не производятся.

Для отключения / включения стимулирующего сигнала – нажмите программные кнопки **Стимул > Мощность > ВЧ выход**.



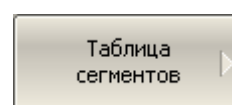
Примечание

Отключение стимулирующего сигнала действует на анализатор в целом, а не на отдельные каналы. Сообщение об отключении индицируется в строке состояния анализатора (раздел 2.4).

4.2.8 Редактирование таблицы сегментов

Таблица сегментов определяет закон сканирования, когда включен режим сегментного сканирования.

Для перехода к вводу таблицы сегментов – нажмите программную кнопку **Стимул > Таблица сегментов**.



При переходе к разделу меню «Таблица сегментов» в нижней части экрана открывается таблица сегментов. При выходе из раздела меню «Таблица сегментов» – таблица сегментов скрывается.

Вид таблицы сегментов приведен ниже. Таблица сегментов имеет три обязательных колонки – частотный диапазон и число точек сканирования. Таблица сегментов имеет три необязательных колонки, которые могут быть включены или скрыты – полоса ПЧ, мощность, задержка.

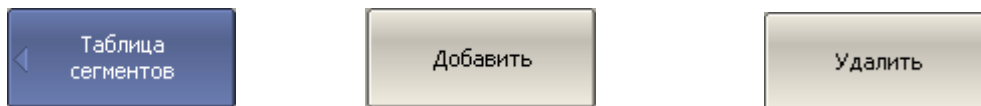
Установка параметров анализатора

	Старт	Стоп	Точек	Полоса ПЧ	Мощность
1	300 кГц	800 МГц	101	100 Гц	10 дБм
2	800 МГц	1.12 ГГц	21	3 кГц	0 дБм
3	1.12 ГГц	1.99 ГГц	11	30 кГц	-10 дБм
4	1.99 ГГц	2.28 ГГц	21	3 кГц	0 дБм
5	2.28 ГГц	3.2 ГГц	101	100 Гц	10 дБм

Всего точек: 255

Каждая строка таблицы определяет один сегмент. Таблица может содержать от одной до нескольких строк. Число строк ограничено суммарным числом точек всех сегментов – 500001.

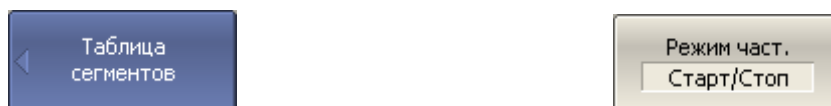
Для добавления сегмента – нажмите программную кнопку **Добавить**. Новый сегмент вставляется после выделенного сегмента.



Для удаления сегмента – нажмите программную кнопку **Удалить**. Удаляется выделенный сегмент.

Для сегмента необходимо указать обязательные параметры – частотный диапазон и количество точек. Частотный диапазон может быть задан как начальное и конечное значение, или как центральное значение и полоса.

Для переключения режима ввода частоты – нажмите программную кнопку **Режим част.**



Режим и надпись на кнопке переключаются «**Старт/Стоп**» и «**Центр/Полоса**».

Для сегмента можно задать необязательные параметры – полоса ПЧ, мощность, задержка измерения. Если такой параметр не задан, то используется соответствующее значение для линейного сканирования частоты, одинаковое для всех сегментов.

Для задания полосы ПЧ каждого сегмента – нажмите программную кнопку **Фильтр таблично**.



Для задания мощности каждого сегмента – нажмите программную кнопку **Мощность таблично**.

Для задания задержки измерения каждого сегмента – нажмите программную кнопку **Задержка таблично**.

Для ввода параметров сегмента – наведите указатель на ячейку и введите числовое значение. Перемещение по таблице сегментов осуществляется клавишами навигации.

Примечание

Частотные диапазоны отдельных сегментов не могут пересекаться.

Таблицу сегментов можно сохранить на диске в файле *.lim и затем загрузить.

Для сохранения таблицы на диске – нажмите программную кнопку **Сохранить...** Затем введите имя файла в открывшемся диалоговом окне.



Для загрузки таблицы с диска – нажмите программную кнопку **Загрузить...**

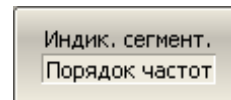
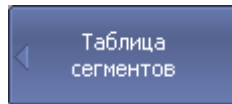


Затем выберите имя файла в открывшемся диалоговом окне.

График сегментного сканирования может иметь два различных закона индикации оси частот. Ось частот может отображаться на основе частот точек измерения. В

некоторых случаях бывает удобно отображать ось частот на основе порядковых номеров точек измерения.

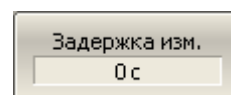
Для переключения режима индикации сегментов – нажмите программную кнопку **Индик. сегмент.** Режим и надпись на кнопке переключаются между «**Порядок частот**» и «**Порядок номер.**».



4.2.9 Установка задержки измерения

Задержка измерения позволяет добавить дополнительную задержку от момента установления частоты на выходе источника до момента начала измерения. Данная возможность может быть полезна при измерении узкополосных цепей с большой длительностью переходного процесса, превышающей время измерения одной точки.

Для ввода значения задержки измерения – нажмите программную кнопку **Стимул > Задержка изм.**



4.3 Управление запуском сканирования

Режим запуска сканирования определяет реакцию каждого канала при обнаружении *сигнала запуска*. Канал может работать в одном из трех режимов запуска сканирования:

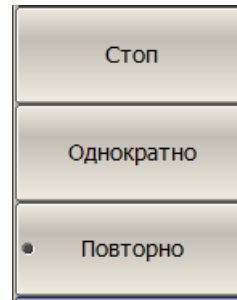
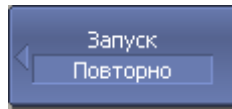
- Повторный – запуск производится каждый раз при обнаружении сигнала запуска;
- Однократный – запуск производится один раз при обнаружении сигнала запуска, после окончания сканирования канал переходит в состояние останова;
- Останов – сканирование в канале остановлено, сигналы запуска не влияют на канал.

Сигнал запуска относится к измерителю в целом и влияет на запуск всех каналов следующим образом. Если одновременно открыто более одного канала, то при поступлении сигнала запуска, запускается по очереди сканирование всех каналов, которые не находятся в состоянии останова. До завершения сканирования всех каналов новые сигналы запуска игнорируются. После завершения сканирования всех каналов, и если имеется хотя бы один канал в режиме повторного запуска, анализатор переходит в состояние ожидания сигнала запуска.

Источником сигнала запуска сканирования может служить один из четырех источников, выбираемых пользователем:

- Внутренний – сигнал запуска вырабатывается измерителем по завершению сканирования всех каналов;
- Внешний – использует вход внешнего запуска для выработки сигнала запуска;
- Ручной – использует нажатие программной кнопки для выработки сигнала запуска.
- Шина – сигнал запуска поступает от внешнего компьютера через интерфейсы GPIB, LAN или от программы, управляющей измерителем по COM/DCOM.

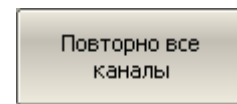
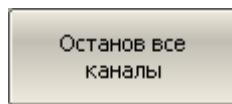
Для выбора режима запуска – нажмите программные кнопки **Стимул > Запуск**.



Затем выберите режим запуска:

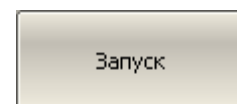
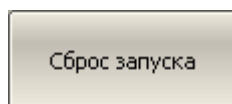
- **Останов;**
- **Однократно;**
- **Повторно.**

Программные кнопки **Останов все каналы** и **Повторно все каналы** – служат для группового перехода всех каналов в соответствующий режим.

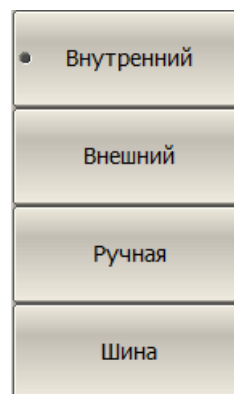
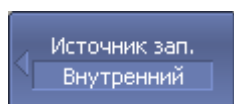


Программная кнопка **Сброс запуска** – прерывает текущий цикл сканирования и возвращает систему запуска в состояние ожидания сигнала запуска.

Программная кнопка **Запуск** – служит для запуска в режиме *ручного* запуска.



Для выбора источника запуска – нажмите программные кнопки **Стимул > Запуск > Источник зап.**



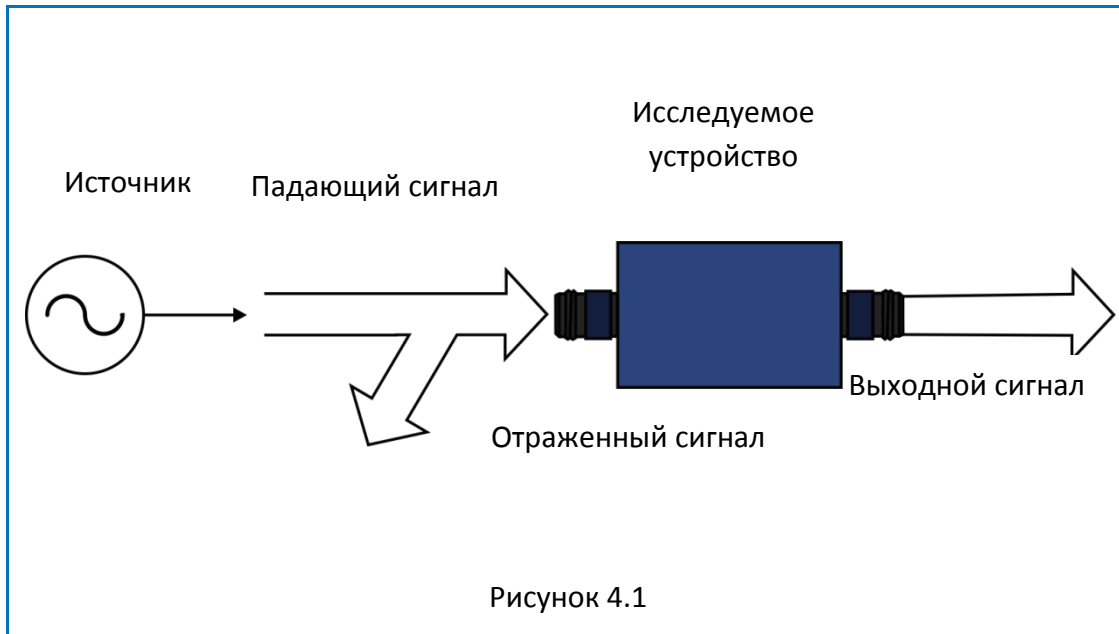
Затем выберите источник запуска:

- **Внутренний;**
 - **Внешний;**
 - **Ручной;**
 - **Шина.**
-

4.4 Установка измеряемых параметров

4.4.1 S – параметры

При анализе высокочастотных цепей используются понятия падающего, отраженного и переданного (выходного) сигнала бегущей волны, распространяющейся по линиям передач (рисунок 4.1).



Измерения амплитуды и фазы падающего, отраженного и выходного сигналов позволяют получить S-параметры исследуемого устройства (параметры рассеяния). S-параметры определяются как отношение комплексных амплитуд двух волн:

$$S_{mn} = \frac{\text{Выходящая волна на выводе } m}{\text{Входящая волна на выводе } n}$$

Анализатор позволяет измерять полную матрицу рассеяния четырехполюсников:

$$\mathbf{S} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{bmatrix}$$

Измерение полной матрицы рассеяния в анализаторе производится за одно подключение исследуемого устройства.

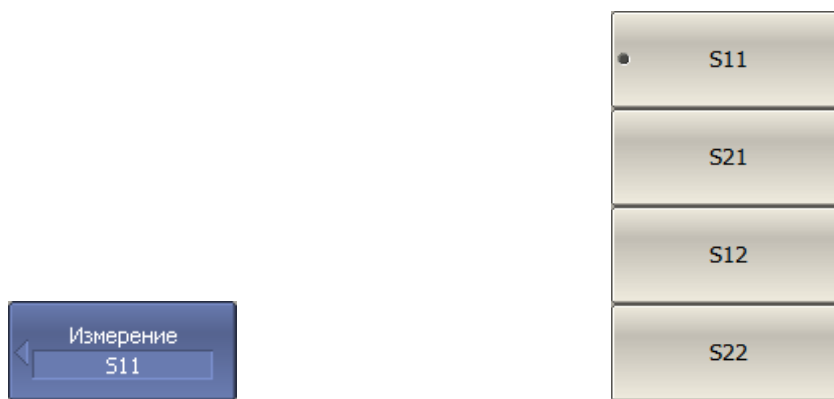
При измерении пары параметров S_{11} , S_{21} – порт 1 выступает как источник сигнала. Сигнал отраженной и падающей волны измеряется портом 1, сигнал выходной волны измеряется портом 2.

При измерении пары параметров S_{12} , S_{22} – порт 2 выступает как источник сигнала. Сигнал отраженной и падающей волны измеряется портом 2, сигнал выходной волны измеряется портом 1.

4.4.2 Порядок установки S – параметров

Измеряемый параметр (S_{11} , S_{21} , S_{12} , S_{22}) устанавливается для каждого графика. Перед установкой измеряемого параметра необходимо назначить активный график.

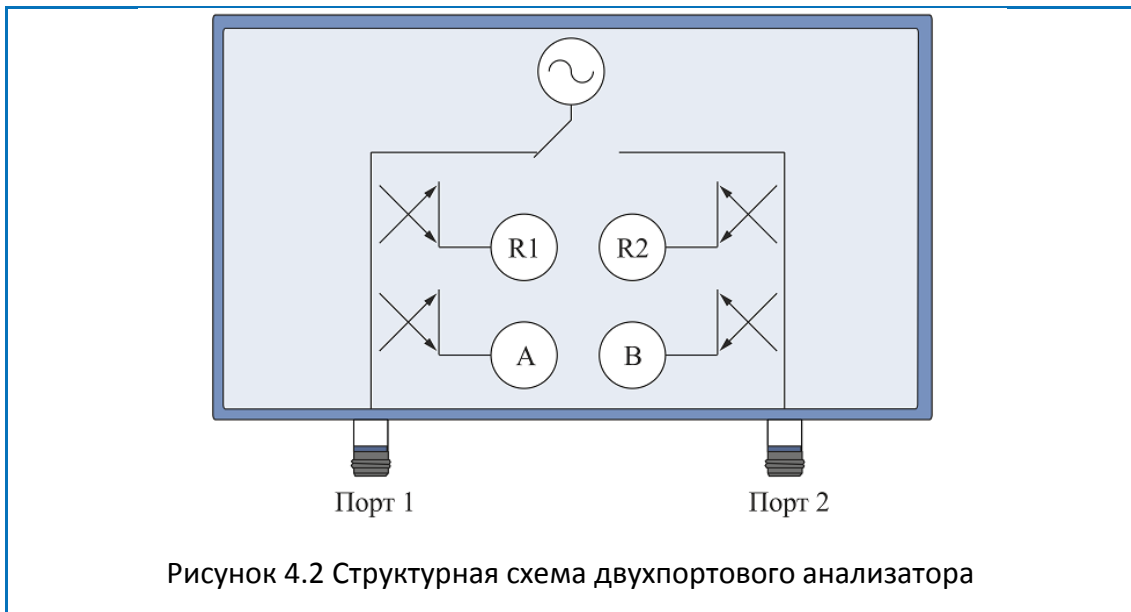
Для установки измеряемого параметра – нажмите программную кнопку **Измерение**.



Затем выберите в меню программных кнопок измеряемый параметр.

4.4.3 Абсолютные измерения

Абсолютные измерения – это измерения абсолютной мощности сигнала на входе приемников. В отличие от относительных измерений S– параметров, которые получают отношением сигналов на входах двух приемников, абсолютные измерения показывают мощность сигнала на входе одного приемника. В двухпортовых анализаторах содержатся четыре независимых приемника: A, B, R1, R2 (рисунок 4.2).

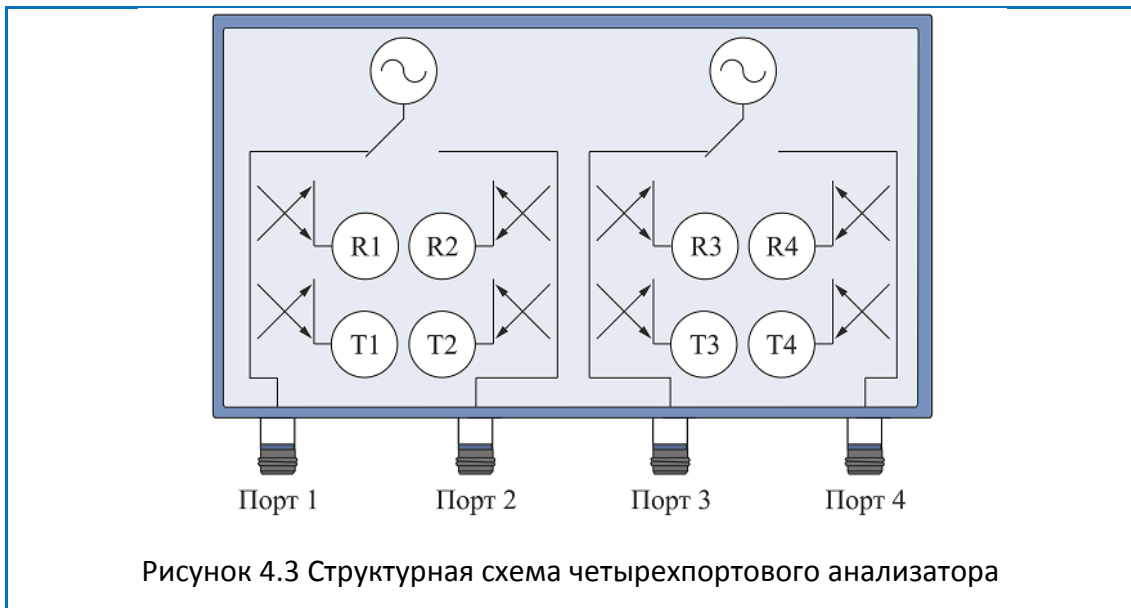


Приемники опорного сигнала называются R1 и R2, а приемники тестового сигнала называются A и B. Приемники A и R1 расположены в первом порте, приемники B и R2 расположены во втором порте. В зависимости от номера порта – источника сигнала различают шесть видов абсолютных измерений (таблица 4.3).

Таблица 4.3 Абсолютные измерения в двухпортовом анализаторе

Обозначение	Значение
A(1)	Тестовый приемник A (источник порт 1)
A(2)	Тестовый приемник A (источник порт 2)
B(1)	Тестовый приемник B (источник порт 1)
B(2)	Тестовый приемник B (источник порт 2)
R1(1)	Опорный приемник R1 (источник порт 1)
R2(2)	Опорный приемник R2 (источник порт 2)

В четырёхпортовых анализаторах содержатся восемь независимых приёмников: четыре опорных приёмника измеряющие сигналы соответствующие сигналам «падающей волны» R1, R2, R3, R4 и четыре тестовых приёмника измеряющие сигналы соответствующие сигналам «отражённой волны» T1, T2, T3, T4 (рисунок 4.3).



В зависимости от номера порта – источника сигнала различают тридцать два вида абсолютных измерений (таблица 4.4):

Таблица 4.4 Абсолютные измерения в четырехпортовом анализаторе

Обозначение	Значение
T1(n)	Тестовый приёмник порта 1 (источник порт n)
T2(n)	Тестовый приёмник порта 2 (источник порт n)
T3(n)	Тестовый приёмник порта 3 (источник порт n)
T4(n)	Тестовый приёмник порта 4 (источник порт n)
R1(n)	Опорный приёмник порта 1 (источник порт n)
R2(n)	Опорный приёмник порта 2 (источник порт n)

4.4.4 Порядок установки абсолютных измерений

Порядок установки абсолютных измерений для двухпортовых анализаторов:

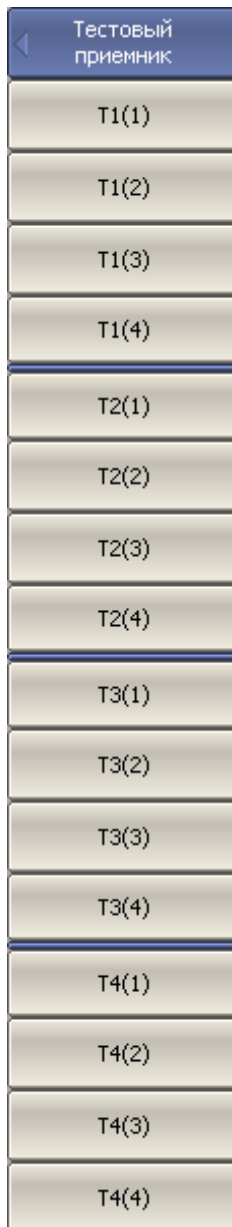
Для выбора абсолютного измерения – нажмите программные кнопки **Измерение > Абсолютн. > Приемник А, порт источник 1 | Приемник В, порт источник 1 | Приемник R1, порт источник 1 | Приемник А, порт источник 2 | Приемник В, порт источник 2 | Приемник R2, порт источник 2.**



Примечание

В режиме абсолютных измерений в формате логарифмической амплитуды используются единицы измерения – дБм, а в формате линейной амплитуды – Вт. Остальные форматы для абсолютных измерений не используются, так как измерения мощности – скалярные величины.

Порядок установки абсолютных измерений для четырехпортовых анализаторов:



Для выбора абсолютного измерения для тестового приёмника – нажмите программные кнопки:

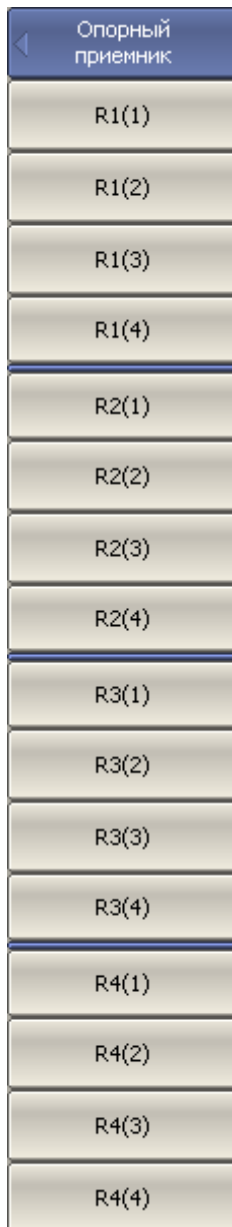
Измерение > Тестовый приёмник >

T1(1) | T1(2) | T1(3) | T1(4) |

T2(1) | T2(2) | T2(3) | T2(4) |

T3(1) | T3(2) | T3(3) | T3(4) |

T4(1) | T4(2) | T4(3) | T4(4).



Для выбора абсолютного измерения для опорного приёмника – нажмите программные кнопки:

Измерение > Опорный приёмник >

R1(1) | R1(2) | R1(3) | R1(4) |

R2(1) | R2(2) | R2(3) | R2(4) |

R3(1) | R3(2) | R3(3) | R3(4) |

R4(1) | R4(2) | R4(3) | R4(4).

Примечание

В режиме абсолютных измерений в формате логарифмической амплитуды используются единицы измерения – дБм, а в формате линейной амплитуды – Вт. Остальные форматы для абсолютных измерений не используются, так как измерения мощности – скалярные величины.

4.5 Установка формата

Анализатор позволяет отображать на экране измеряемые S – параметры, используя три вида форматов:

- формат прямоугольных координат;
- формат полярной диаграммы;
- формат диаграммы Вольперта – Смита.

4.5.1 Формат прямоугольных координат

В формате прямоугольных координат по оси X откладываются значения стимула, а по оси Y – значения измеряемой величины (рисунок 4.4).



Для отображения комплексного значения измеряемого S –параметра по оси Y , оно должно быть преобразовано в действительное число. Форматы прямоугольных координат служат для преобразования комплексного значения S –параметра в действительное число. Пусть $S = a + j \cdot b$, где:

- a – реальная часть комплексного числа;
- b – мнимая часть комплексного числа.

Формат прямоугольных координат позволяет выбрать один из восьми видов представления измеряемой величины на оси Y (таблица 4.5).

Таблица 4.5 Виды форматов прямоугольных координат

Наименование формата	Краткое наименование формата	Тип данных по оси Y	Единица измерения оси Y
Амплитуда в логарифмическом масштабе	Ампл лог	Модуль S–параметра в логарифмическом масштабе: $A = 20 \cdot \log S ,$ $ S = \sqrt{a^2 + b^2}$	Децибел (дБ)
Коэффициент стоячей волны по напряжению	КСВН	$K_{cm} = \frac{1 + S }{1 - S }$	Безразмерная
Фаза	Фаза	Фаза S–параметра в градусах от -180° до $+180^\circ$: $\Phi = \frac{180}{\pi} \cdot \operatorname{arctg} \frac{a}{b}$	Градус ($^\circ$)
Фаза расширенная	Фаза>180	Фаза S–параметра в градусах, диапазон изменения расширен ниже -180° и выше $+180^\circ$	Градус ($^\circ$)
Групповое время запаздывания	ГВЗ	Время распространения сигнала в исследуемом устройстве: $t = -\frac{d\varphi}{d\omega},$ $\varphi = \operatorname{arctg} \frac{a}{b}, \quad \omega = 2\pi \cdot f$	Секунда (с)
Амплитуда в линейном масштабе	Амплин	модуль S–параметра в линейном масштабе: $ S = \sqrt{a^2 + b^2}$	Безразмерная

Наименование формата	Краткое наименование формата	Тип данных по оси Y	Единица измерения оси Y
Реальная часть	Реал	Реальная часть S-параметра: $a = \text{re}(S)$	Безразмерная
Мнимая часть	Мним	Мнимая часть S-параметра: $b = \text{im}(S)$	Безразмерная

4.5.2 Формат полярной диаграммы

В формате полярной диаграммы результаты измерения отображаются на круговой диаграмме (рисунок 4.5). Измеряемые точки располагаются на расстоянии от центра окружности, равного модулю (амплитуде в линейном масштабе), и в соответствии с фазой, отсчитываемой как угол от положительного направления оси X против часовой стрелки.



В формате полярной диаграммы отсутствует ось частот, отсчет частоты производится с помощью маркеров. Форматы полярной диаграммы включают три вида форматов, которые отличаются только данными, представляемыми на маркерах. Графики на всех видах полярной диаграммы совпадают.

Таблица 4.6 Виды форматов полярной диаграммы

Наименование формата	Краткое наименование формата	Тип данных на маркерах	Единица измерения оси γ
Амплитуда в линейном масштабе и фаза	Поляр (Лин)	Модуль S -параметра в линейном масштабе	Безразмерная
		Фаза S -параметра в градусах	Градус ($^{\circ}$)
Амплитуда в логарифмическом масштабе и фаза	Поляр (Лог)	Модуль S -параметра в логарифмическом масштабе	Децибел (дБ)
		Фаза S -параметра в градусах	Градус ($^{\circ}$)
Реальная и мнимая часть	Поляр (Re/Im)	Реальная часть S -параметра	Безразмерная
		Мнимая часть S -параметра	Безразмерная

4.5.3 Формат диаграммы Вольперта–Смита

Формат диаграммы Вольперта – Смита используется для отображения значений импедансов при измерении параметров отражения исследуемого устройства. В этом формате график проходит через те же точки, что и в формате полярной диаграммы.



В формате диаграммы Вольперта – Смита отсутствует ось частот, отсчет частоты производится с помощью маркеров. Форматы диаграммы Вольперта – Смита включают пять видов форматов, которые отличаются только данными, представляемыми на маркерах. Графики на всех видах диаграммы Вольперта – Смита совпадают.

Таблица 4.7 Виды форматов диаграммы Вольперта – Смита

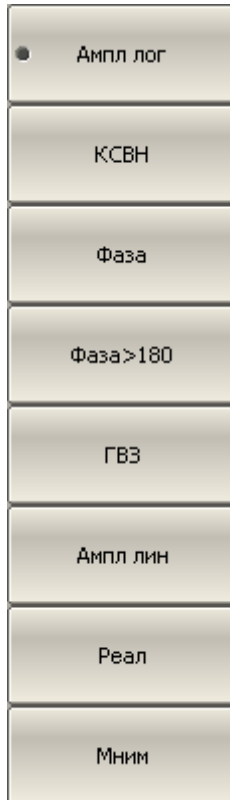
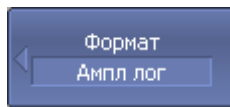
Наименование формата	Краткое наименование формата	Тип данных на маркерах	Единица измерения оси Y
Амплитуда в линейном масштабе и фаза	Вольп (Лин)	Модуль S–параметра в линейном масштабе	Безразмерная
		Фаза S–параметра в градусах	Градус (°)
Амплитуда в логарифмическом масштабе и фаза	Вольп (Лог)	Модуль S–параметра в логарифм масштабе	Децибел (дБ)
		Фаза S–параметра в градусах	Градус (°)
Реальная и мнимая часть	Вольп (Re/Im)	Реальная часть S–параметра	Безразмерная
		Мнимая часть S–параметра	Безразмерная
Полное входное сопротивление	Вольп (R + jX)	Активная часть полного входного сопротивления: $R = re(Z_{ex})$, $Z_{ex} = Z_0 \frac{1+S}{1-S}$	Ом(Ω)
		Реактивная часть полного входного сопротивления: $X = im(Z_{ex})$	Ом(Ω)
		Эквивалентная емкость или индуктивность реактивной части сопротивления: $C = -\frac{1}{\omega X}, \quad X < 0$, $L = \frac{X}{\omega}, \quad X > 0$.	Фарада(Ф) Генри(Гн)

Наименование формата	Краткое наименование формата	Тип данных на маркерах	Единица измерения оси Y
Полная входная проводимость	Вольп (G + jB)	Активная часть полной входной проводимости: $G = \operatorname{re}(Y_{\text{ex}}),$ $Y_{\text{ex}} = \frac{1}{Z_0} \cdot \frac{1-S}{1+S}.$	Сименс(См)
		Реактивная часть полной входной проводимости: $B = \operatorname{im}(Y_{\text{ex}}).$	Сименс(См)
		Эквивалентная емкость или индуктивность реактивной части проводимости: $C = \frac{B}{\omega}, \quad B > 0,$ $L = -\frac{1}{\omega B}, \quad B < 0.$	Фарада(Ф) Генри(Гн)

Z_0 – волновое сопротивление измерительного тракта. Установка Z_0 описана в разделе 5.2.17.

4.5.4 Порядок установки формата

Формат устанавливается для каждого графика. Перед установкой формата необходимо назначить активный график.



Для выбора прямоугольного формата – нажмите программную кнопку **Формат**.

Затем выберите в меню программных кнопок один из форматов:

Амплитуда в логарифмическом масштабе;

Коэффициент стоячей волны по напряжению;

Фаза;

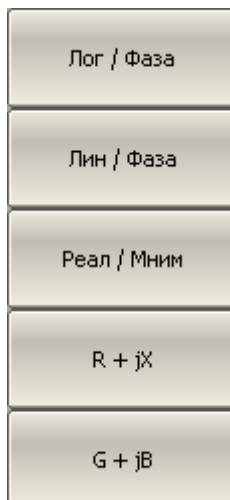
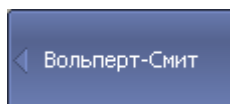
Фаза расширенная;

Групповое время запаздывания;

Амплитуда в линейном масштабе;

Реальная часть;

Мнимая часть.



Для выбора формата диаграммы Вольперта Смита – нажмите программные кнопки **Формат > Вольперт-Смит**.

Затем выберите в меню программных кнопок один из форматов:

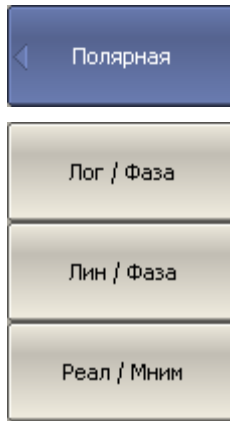
Амплитуда в логарифмическом масштабе и фаза;

Амплитуда в линейном масштабе и фаза;

Реальная и мнимая часть;

Полное входное сопротивление;

Полная входная проводимость.



Для выбора формата полярной диаграммы – нажмите программные кнопки **Формат > Полярная**.

Затем выберите в меню программных кнопок один из форматов:

Амплитуда в логарифмическом масштабе и фаза;

Амплитуда в линейном масштабе и фаза;

Реальная и мнимая часть.

4.6 Установка масштаба графика

4.6.1 Масштаб прямоугольных координат

Масштаб прямоугольных форматов устанавливается с помощью следующих параметров (рисунок 4.7):

- Цена деления сетки;
- Величина опорного уровня;
- Положение опорной линии;
- Число делений сетки.



4.6.2 Порядок установки масштаба прямоугольных координат

Масштаб устанавливается для каждого графика канала. Перед установкой масштаба необходимо назначить активный график.

Для установки цены деления – нажмите программные кнопки **Масштаб > Масштаб**.



Для установки опорного уровня – нажмите программные кнопки **Масштаб > Опорн. уровень.**

Для установки положения опорной линии – нажмите программные кнопки **Масштаб > Опорная линия.**

Для установки числа делений графика – нажмите программные кнопки **Масштаб > Делений.**¹

4.6.3 Масштаб круговых координат

Масштаб полярной диаграммы и диаграммы Вольперта-Смита устанавливается указанием радиуса внешней окружности (рисунок 4.8).

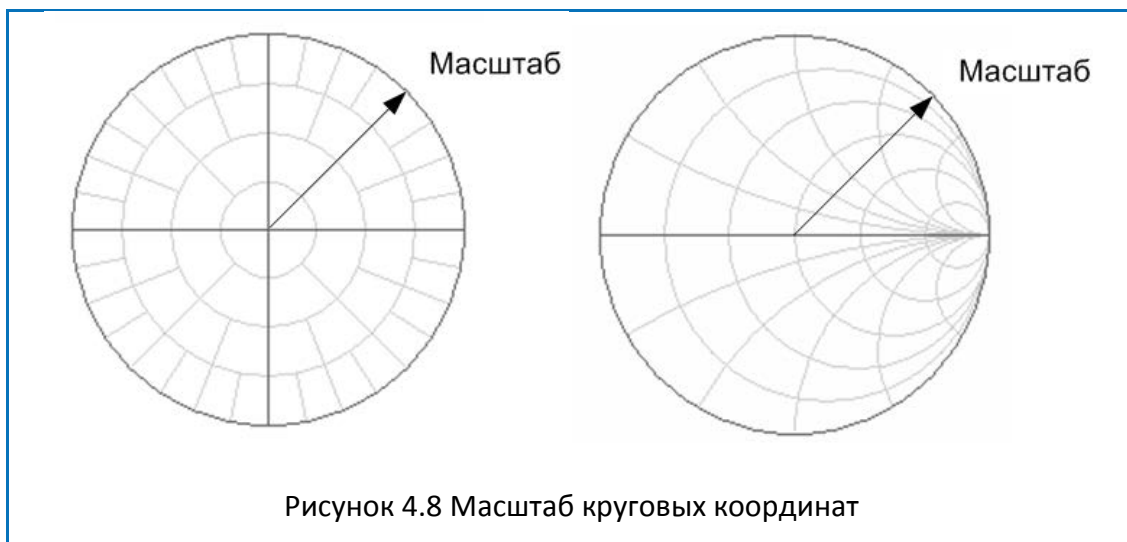
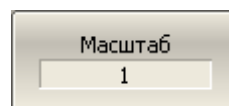
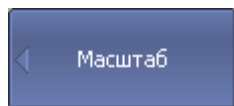


Рисунок 4.8 Масштаб круговых координат

¹ Число делений влияет на все графики канала.

4.6.4 Порядок установки масштаба полярных координат

Для установки масштаба круговых координат – нажмите программные кнопки **Масштаб > Масштаб**.

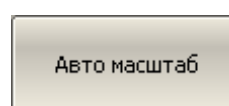
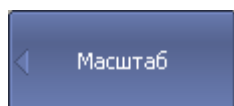


4.6.5 Функция автомасштабирования

Функция автомасштабирования служит для автоматического выбора масштаба графика таким образом, чтобы график измеряемой величины полностью укладывался в поле графика, занимая большую его часть.

В прямоугольных координатах подстраиваются два параметра: цена деления и опорный уровень. В круговых координатах автоматически выбирается радиус внешней окружности.

Для автоматического выбора масштаба – нажмите программные кнопки **Масштаб > Авто масштаб**.

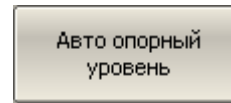
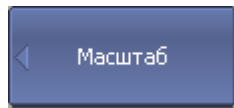


4.6.6 Функция автоматического выбора опорного уровня

Функция служит для автоматического выбора опорного уровня в прямоугольных координатах.

После применения данной функции – график измеряемой величины изменяет вертикальное положение, чтобы средний уровень проходил по центру графика. Цена деления не изменяется.

Для автоматического выбора опорного уровня – нажмите программные кнопки **Масштаб > Авто опорный уровень**.



4.6.7 Установка электрической задержки

Функция электрической задержки служит для задания величины компенсации электрической длины устройства. Задание данной величины служит для компенсации электрической длины устройства при измерениях отклонения фазы от линейного закона. Величина компенсации электрической длины задается в секундах.

При задании не нулевой электрической задержки – значение S -параметра преобразуется в соответствии с формулой:

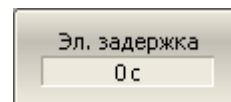
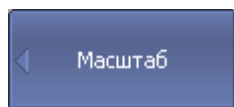
$$S = S \cdot e^{j \cdot 2\pi \cdot f \cdot t},$$

где f – частота, Гц,

t – электрическая задержка, сек.

Электрическая задержка задается для каждого графика отдельно. Перед заданием электрической задержки необходимо назначить активный график.

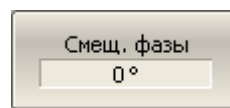
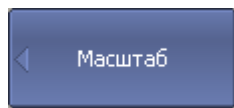
Для ввода величины электрической задержки – нажмите программные кнопки **Масштаб > Эл.задержка**.



4.6.8 Установка смещения фазы

Функция смещения фазы служит для задания постоянного смещения графика фазы. Величина смещения фазы задается в градусах для каждого графика отдельно. Перед заданием смещения фазы необходимо назначить активный график.

Для ввода величины смещения фазы – нажмите программные кнопки **Масштаб >**
Смещ. фазы.



4.7 Фильтрация

В разделе меню «**Фильтрация**» производится установка полосы ПЧ, усреднения и сглаживания измерений.

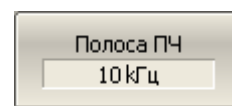
4.7.1 Установка полосы ПЧ

Полоса ПЧ определяет полосу пропускания измерительных приемников. Полоса ПЧ переключается в соответствии с рядом: 1, 1.5, 2, 3, 5, 7 в диапазоне от 1 Гц до 1 МГц.

Сужение полосы ПЧ позволяет снизить собственные шумы, и расширить динамический диапазон измерений прибора, при этом увеличивается время измерения. Сужение полосы измерительного фильтра в 10 раз приводит к увеличению динамического диапазона измерений на 10 дБ.

Полоса ПЧ задается для каждого канала отдельно. Перед заданием полосы ПЧ необходимо назначить активный канал.

Для ввода полосы ПЧ – нажмите программные кнопки **Фильтрация > Полоса ПЧ**.



4.7.2 Установка усреднения

Усреднение производится в каждой точке измерения за несколько предыдущих циклов сканирования. Результат усреднения измерений аналогичен сужению полосы ПЧ – позволяет снизить собственные шумы, и расширить динамический диапазон измерений прибора.

Усреднение в каждой измеряемой точке производится за несколько циклов сканирования в соответствии со следующей формулой:

$$\begin{cases} M_i = S_i, & i = 0 \\ M_i = \left(1 - \frac{1}{n}\right) \cdot M_{i-1} + \frac{S_i}{n}, & i > 0, \quad n = \min(i + 1, N) \end{cases}$$

где

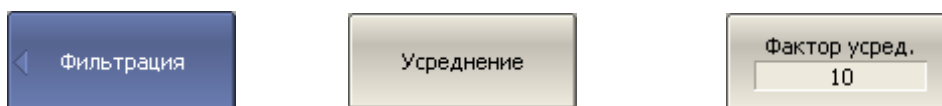
- M_i – результат усреднения на i – цикле сканирования;

- S_i – значение измеряемой величины (S -параметра) на i – цикле сканирования;
- N – фактор усреднения задается пользователем от 1 до 999, чем выше фактор, тем сильнее степень усреднения.

При включенной функции усреднения – в строке состояния канала индицируется текущее количество итераций и фактор усреднения, например «9/10». Процесс усреднения считается установившимся, когда оба числа равны.

Усреднение задается для каждого канала отдельно. Перед заданием усреднения необходимо назначить активный канал.

Для включения и отключения функции усреднения – нажмите программные кнопки **Фильтрация > Усреднение**.



Для установки фактора усреднения – нажмите программные кнопки **Фильтрация > Фактор усред.**

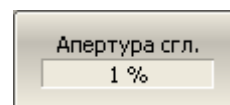
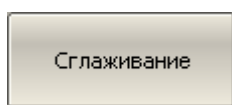
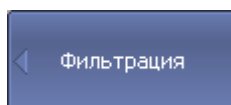
4.7.3 Установка сглаживания

Сглаживание осуществляется путем усреднения измерений соседних точек графика скользящим окном. Ширина окна (апертура) задается пользователем в процентах от числа точек графика.

Сглаживание не увеличивает динамический диапазон измерения. Сглаживание сохраняет средний уровень графика, уменьшая шумовые выбросы.

Сглаживание задается для каждого графика отдельно. Перед заданием сглаживания необходимо назначить активный график.

Для включения и отключения функции сглаживания – нажмите программные кнопки **Фильтрация > Сглаживание**.



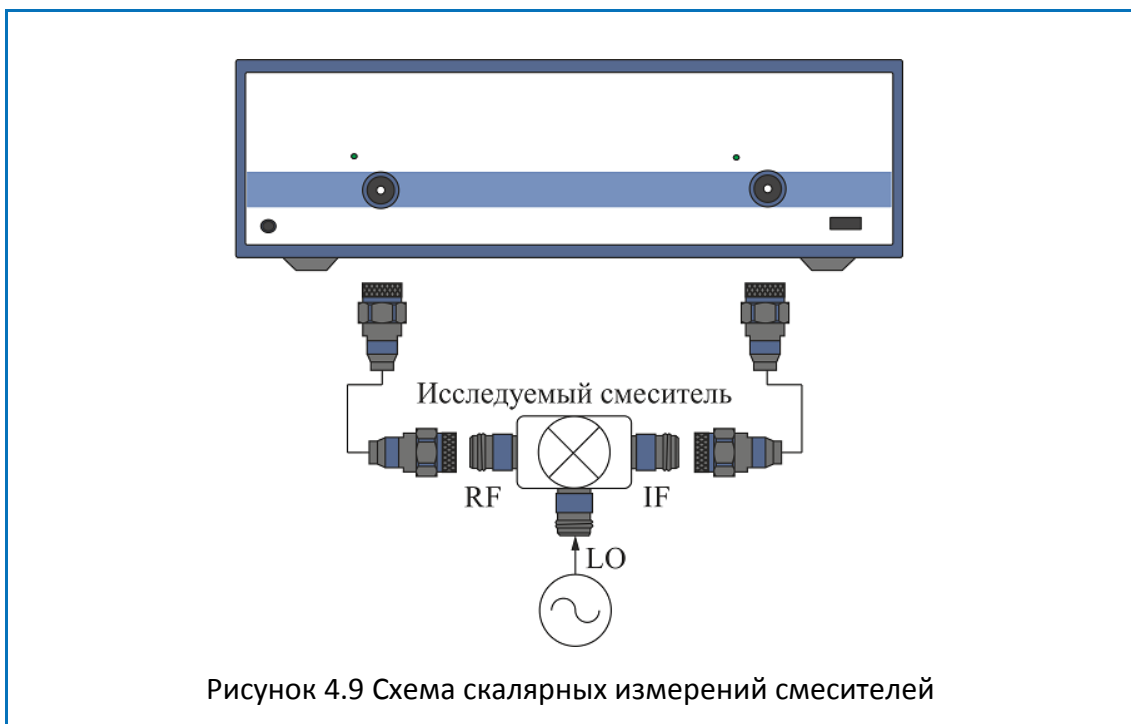
Для установки апертуры сглаживания – нажмите программные кнопки **Фильтрация > Апертура сгл.**

4.8 Измерение смесителей

4.8.1 Обзор методов измерения смесителей

Анализатор позволяет измерять смесители и другие устройства с преобразованием частоты, используя два основных метода: скалярный и векторный.

Скалярный метод позволяет получать модуль коэффициента передачи устройств с преобразованием частоты. Измерения фазы, группового времени запаздывания в данном режиме невозможны. Преимуществом данного метода является простая схема измерения без использования внешнего дополнительного оборудования (рисунок 4.9).



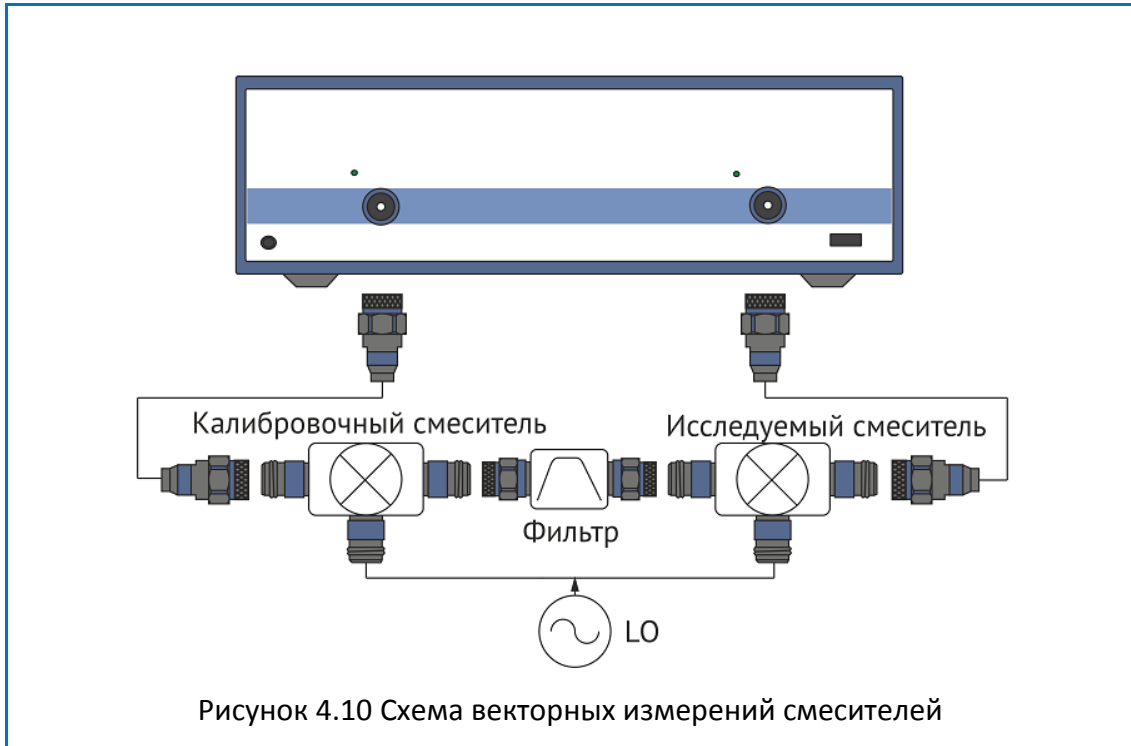
Основой скалярного метода является *режим смещения частоты*. Режим смещения частоты вводит частотное смещение между портами анализатора и подробно описан в разделе 4.8.2. Режим смещения частоты комбинируется с различными методами калибровки.

При измерении смесителей скалярным методом наиболее точным методом калибровки является – *скалярная калибровка смесителей*. Скалярная калибровка смесителей описана в разделе 5.6.

Более простой, и менее точный метод – использование абсолютных измерений совместно с калибровкой приемников и калибровкой мощности портов (см. разделы 4.4.3, 5.4, 5.5). Для данного метода характерны значительные пульсации коэффициента передачи смесителя, вызванные плохим согласованием входа и

выхода смесителя. Частично этот недостаток может быть компенсирован применением качественных аттенюаторов на входе и выходе смесителя 3 – 10 дБ.

Векторный метод позволяет получать комплексный коэффициент передачи устройств с преобразованием частоты, в том числе измерения фазы, группового времени запаздывания. Векторный метод требует внешнего оборудования (рисунок 4.10). Это дополнительный смеситель с фильтром, называемый *калибровочным смесителем* и генератор, служащий общим источником частоты гетеродина для исследуемого и калибровочного смесителей.



В векторном методе измерения смесителей порты анализатора работают на одной частоте, в штатном режиме. Единственный метод калибровки при этом – *векторная калибровка смесителей*. Векторная калибровка смесителей описана в разделе 5.7.

4.8.2 Режим смещения частоты

Режим смещения частоты служит измерения модуля коэффициента передачи устройств с преобразованием частоты. Под устройствами с преобразованием частоты в данном разделе понимаются устройства, осуществляющие перенос частоты (смесители, конверторы), и устройства, осуществляющие умножение, либо деление частоты.

Метод измерения заключается во введении смещения частоты порта – приемника сигнала относительно порта – источника. Смещение частоты задается для каждого порта с помощью трех коэффициентов: множитель, делитель и смещение. Данные коэффициенты позволяют рассчитать частоту порта относительно *базового частотного диапазона*.

$$F_{port} = \frac{M}{D} F_{base} + F_{ofs},$$

где M – множитель,

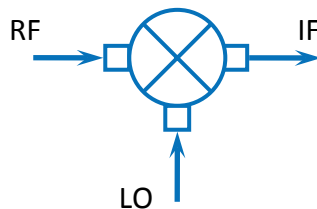
D – делитель,

F_{ofs} – смещение,

F_{base} – базовая частота.

В большинстве случаев достаточно применить смещение к одному из портов, оставив другой на частоте базового диапазона ($M=1, D=1, F_{ofs}=0$).

Примеры расчета коэффициентов смещения частоты при различных видах преобразования частоты. Вход смесителя подключен к порту 1, выход смесителя подключен к порту 2. RF – входная частота, IF – промежуточная частота, LO – частота гетеродина. Второй порт анализатора работает в режиме смещения частоты:



1. $IF = RF - LO$

Порт 2: $M = 1, D = 1, F_{ofs} = -LO$.

2. $IF = LO - RF$

Порт 2: $M = -1, D = 1, F_{ofs} = LO$.

3. $IF = RF + LO$

Порт 2: $M = 1, D = 1, F_{ofs} = LO$.

В режиме смещения частоты в нижней части окна канала индицируются значения частотного диапазона для каждого порта (рисунок 4.11).

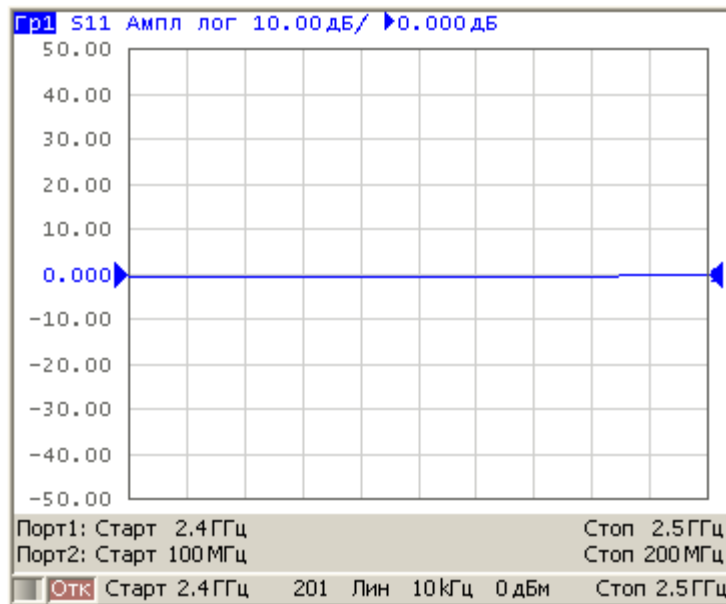
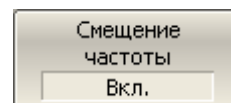
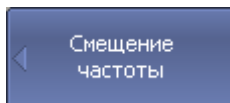


Рисунок 4.11 Окно канала в режиме смещения частоты

Для включения / выключения режима смещения частоты – нажмите программные кнопки **Стимул > Смещение частоты > Смещение частоты**.



Для ввода коэффициентов смещения первого порта – нажмите программные кнопки **Стимул > Смещение частоты > Порт 1 > Множитель | Делитель | Смещение.**



Для ввода коэффициентов смещения второго порта – нажмите программные кнопки **Стимул > Смещение частоты > Порт 2 > Множитель | Делитель | Смещение.**



4.8.3 Автоматическая подстройка частоты смещения

При измерении смесителей в режиме смещения частоты необходимо указывать частоту смещения, которая численно равна частоте гетеродина. Точность задания частоты смещения должна быть не хуже, чем полоса используемого фильтра ПЧ, в противном случае приемник не примет выходной сигнал смесителя. На практике при тестировании смесителей со встроенным гетеродином имеется погрешность установки частоты гетеродина, которая не известна пользователю.

Анализатор имеет функцию автоматической подстройки частоты смещения (АПЧС), которая служит для точной настройки частоты смещения на частоту внутреннего гетеродина исследуемого устройства.

Функция АПЧС может быть включена только для одного из портов. При включении АПЧС индицируется значение подстройки в строке того порта, частота которого дополнительно подстраивается (рисунок 4.12)

Автоматическая подстройка может осуществляться в пределах ± 500 кГц от заданной пользователем частоты смещения. Функция может быть включена или отключена пользователем, при этом подстройка может осуществляться по требованию пользователя по нажатию кнопки, либо периодически, через заданный интервал времени.

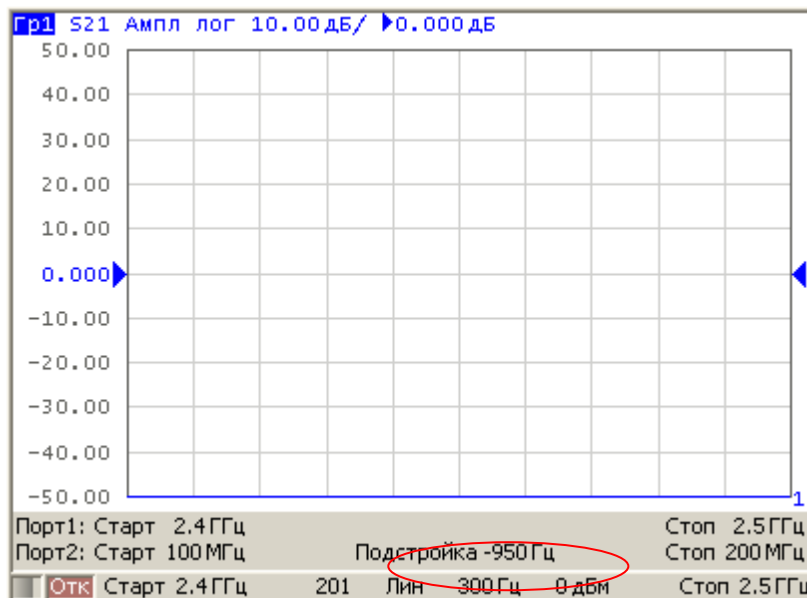


Рисунок 4.12 Окно канала в режиме смещения частоты с функцией АПЧС

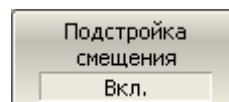
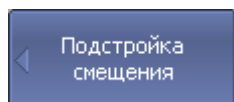
Типовая погрешность АПЧС зависит от полосы текущего фильтра ПЧ и приведена в таблице 4.8.

Таблица 4.8 Типовая погрешность АПЧС

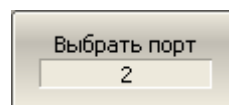
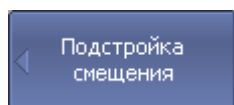
Полоса фильтра ПЧ	Типовая погрешность АПЧС
10 кГц	500 Гц
3 кГц	50 Гц
1 кГц	15 Гц
300 Гц	5 Гц
100 Гц	1.5 Гц

4.8.3.1 Порядок подстройки частоты смещения

Для включения / выключения режима смещения частоты нажмите программные кнопки **Стимул > Смещение частоты > Подстройка смещения > Подстройка смещения**.



Выберите номер порта программными кнопками **Стимул > Смещение частоты > Подстройка смещения > Выбрать порт**.



Примечание

Как правило это тот порт, для которого задано смещение частоты.

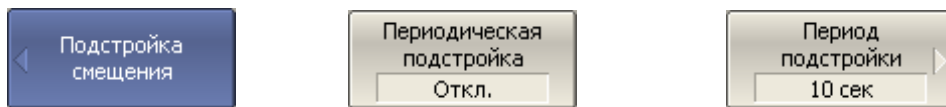
Введите величину подстройки программными кнопками **Стимул > Смещение частоты > Подстройка смещения > Величина подстройки.**



Примечание

Либо нажмите кнопку **Выполнить** подстройку, как описано ниже.

Для включения / отключения периодической автоматической подстройки – нажмите программные кнопки **Стимул > Смещение частоты > Подстройка смещения > Периодическая подстройка.**



Для ввода периода автоматической подстройки – нажмите программные кнопки **Стимул > Смещение частоты > Подстройка смещения > Период подстройки.**

Для однократной автоматической подстройки – нажмите программные кнопки **Стимул > Смещение частоты > Подстройка смещения > Выполнить подстройку.**



5 Калибровка

5.1 Общие сведения

5.1.1 Ошибки измерения

На результаты измерения S -параметров влияют различные ошибки измерения. Ошибки измерения можно разделить на две категории:

- систематические ошибки измерения;
- случайные ошибки измерения.

Случайные ошибки измерения – это шумовые флуктуации и температурные дрейфы в электронных компонентах, изменение механических размеров в кабелях и разъемах при изменении температуры, ошибки повторяемости при повторном соединении разъемов и изгибе кабелей. Случайные ошибки, в силу своей непредсказуемости, не могут быть заранее измерены и учтены. Для уменьшения случайных ошибок можно принимать определенные меры: правильный выбор мощности источника, сужение полосы ПЧ, усреднение, поддержание постоянной температуры окружающей среды, соблюдение времени прогрева анализатора, осторожное обращение с разъемами, уменьшение изгибов кабелей после калибровки.

Случайные ошибки и методы их уменьшения не рассматриваются далее в данном разделе.

Систематические ошибки измерения – это ошибки, вызванные не идеальностью компонентов измерительной системы. Они повторяемы, их характеристики не изменяются со временем. Систематические ошибки можно вычислить, а затем уменьшить их величину путем введения поправок в результаты измерений математическим способом.

Процесс измерения параметров прецизионных физических устройств с известными параметрами с целью вычисления систематических ошибок измерения называется **калибровкой**, а такие физические устройства – называются **калибровочными мерами**. Наиболее распространены калибровочные меры короткого замыкания (КЗ), холостого хода (ХХ), согласованной нагрузки.

Процесс компенсации (уменьшения величины) систематических ошибок измерения в результатах измерений математическим способом называется – **коррекцией ошибок**.

5.1.2 Систематические ошибки измерения

В анализаторах цепей подразделяют следующие источники систематических ошибок измерения:

Направленность, Ed
Согласование источника, Es
Согласование приемника, EI
Развязка, Ex
Частотная неравномерность отражения, Er
Частотная неравномерность передачи, Et

Значения систематических ошибок измерения до применения процедуры коррекции ошибок называются – **нескорректированными**.

Остаточные значения систематических ошибок измерения после применения процедуры коррекции называются – **эффективными**.

Направленность, Ed	Ошибка измерения, вызванная направленным ответвителем в порте – источнике сигнала, из-за неспособности последнего абсолютно разделить сигналы падающей (ПВ) и отраженной (ОВ) волны. При этом часть энергии сигнала падающей волны проникает в приемник отраженного сигнала. Погрешность, вносимая направленностью, не зависит от характеристик ИУ и обычно оказывает наибольшее влияние при измерении отражения.
---------------------------	---

Согласование источника, E_s	<p>Ошибка измерения, вызванная не согласованием порта в режиме источника сигнала с входом ИУ. При этом часть сигнала, отраженного от входа ИУ, отражается от порта источника и снова поступает на вход ИУ. При этом возникает ошибка при измерении отраженного сигнала, и при измерении переданного сигнала. Ошибка, вносимая согласованием источника, зависит от соотношения входного импеданса ИУ и импеданса порта в режиме источника сигнала.</p> <p>Ошибка согласования источника оказывает значительное влияние при измерении ИУ с плохим согласованием входа.</p>
Согласование приемника, E_i	<p>Ошибка измерения, вызванная не согласованием порта в режиме приемника сигнала с выходом ИУ. При этом часть сигнала, прошедшего через ИУ, отражается от порта приемника и поступает на выход ИУ. При этом возникает ошибка при измерении переданного сигнала, и при измерении отраженного сигнала (для двухпортовых ИУ). Ошибка, вносимая согласованием приемника, зависит от соотношения выходного импеданса ИУ и импеданса порта в режиме приемника сигнала.</p> <p>При измерении передачи ошибка согласования приемника оказывает значительное влияние в случае плохого согласованием выхода ИУ.</p> <p>При измерении отражения ошибка согласования приемника оказывает значительное влияние в случае плохого согласованием выхода и малого затухания между выходом и входом ИУ.</p>
Развязка, E_x	<p>Ошибка измерения, вызванная проникновением паразитного сигнала из порта – источника в порт – приемника, минуя исследуемое устройство.</p> <p>В большинстве случаев, данной ошибкой можно пренебречь. Возможность измерения развязки во всех видах калибровки предусмотрена как необязательная.</p>
Частотная неравномерность отражения, E_r	<p>Ошибка измерения, вызванная различием частотно–зависимых амплитудных и фазовых характеристик путей распространения отраженного и опорного сигнала в порте–источнике сигнала.</p>

Частотная
неравномерность
передачи, E_t

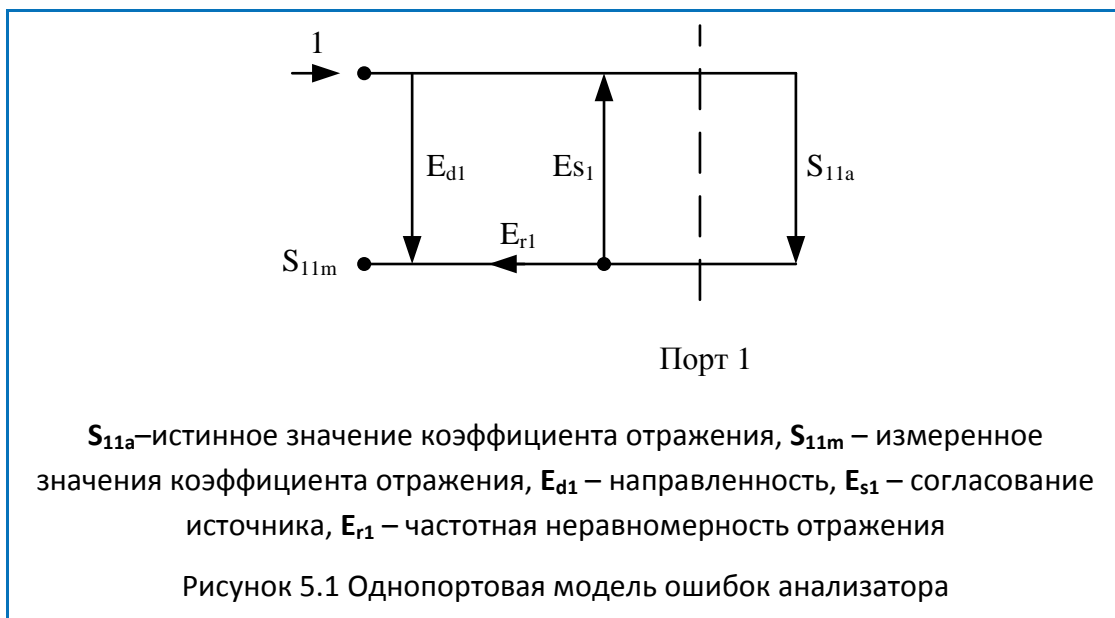
Ошибка измерения, вызванная различием частотно-зависимых амплитудных и фазовых характеристик путей распространения переданного и опорного сигнала.

5.1.3 Модель ошибок измерения

Для анализа систематических ошибок в анализаторах цепей используют модели ошибок в виде сигнальных (направленных) графов.

5.1.3.1 Однопортовая модель ошибок

При измерении коэффициента отражения однопортового ИУ используется один порт анализатора. Сигнальный граф модели ошибок анализатора для порта 1, показан на рисунке 5.1. Для порта 2 сигнальный граф ошибок аналогичен.



Значение стимулирующего сигнала принято равным 1 для нормировки. Значения всех величин в модели – комплексные.

На результат измерения отражения влияют три систематических ошибки измерения:

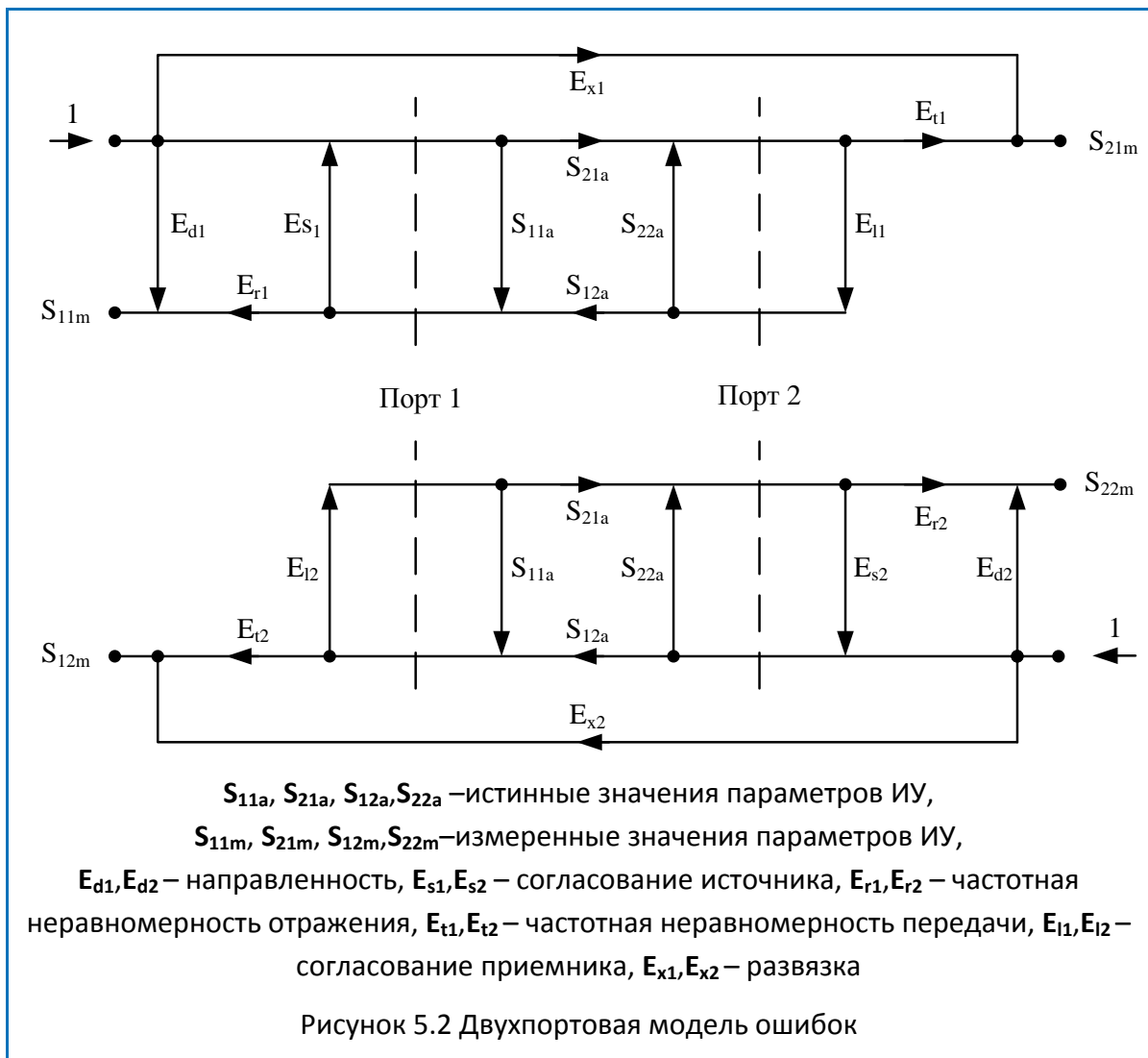
Наименование	Источник сигнала
	Порт 1
Направленность	E_{d1}
Согласование источника	E_{s1}
Частотная неравномерность отражения	E_{r1}

В процессе однопортовой калибровки можно устранить одну, две или три систематические ошибки из трех. Описание методов калибровок представлено в разделе 5.1.6.

5.1.3.2 Двухпортовая модель ошибок

При измерении двухпортовых устройств (четырёхполюсников) используют два сигнальных графа воздействия на систему ошибок измерения. Один сигнальный граф соответствует случаю, когда источником сигнала является порт 1, второй – когда источником сигнала является порт 2.

Сигнальные графы влияния ошибок измерения в двухпортовой системе представлены на рисунке 5.2.



Значение стимулирующего сигнала принято равным 1 для нормировки. Значения всех величин в модели – комплексные.

На результат измерения в двухпортовой системе влияют двенадцать систематических ошибок измерения:

Наименование	Источник сигнала	
	Порт 1	Порт 2
Направленность	E_{d1}	E_{d2}
Согласование источника	E_{s1}	E_{s2}
Частотная неравномерность отражения	E_{r1}	E_{r2}
Частотная неравномерность передачи	E_{t1}	E_{t2}
Согласование приемника	E_{l1}	E_{l2}
Развязка	E_{x1}	E_{x2}

В процессе двухпортовой калибровки можно устранить пять, десять или двенадцать систематические ошибки из двенадцати. Описание методов калибровок представлено в разделе 5.1.6.

5.1.3.3 Трехпортовая модель ошибок

На результат измерения в трехпортовой системе влияют двадцать семь систематических ошибок измерения:

Наименование	Источник сигнала		
	Порт 1	Порт 2	Порт 3
Направленность	E_{d1}	E_{d2}	E_{d3}
Согласование источника	E_{s1}	E_{s2}	E_{s3}
Частотная неравномерность отражения	E_{r1}	E_{r2}	E_{r3}
Частотная неравномерность передачи	E_{t21}, E_{t31}	E_{t12}, E_{t32}	E_{t13}, E_{t23}
Согласование приемника	E_{l21}, E_{l31}	E_{l12}, E_{l32}	E_{l13}, E_{l23}
Развязка	E_{x21}, E_{x31}	E_{x12}, E_{x32}	E_{x13}, E_{x23}

Примечание

Систематические ошибки приведены для 1, 2 и 3 порта. Для остальных троек портов они аналогичны.

Установив в процессе трёхпортовой калибровки все двадцать семь ошибок для каждой измеряемой частоты можно получить истинное значение S-параметров: S_{11a} , S_{21a} , S_{31a} , ... S_{33a} .

Примечание

При использовании трёхпортовой калибровки, вычисление любого из S-параметров требует знания всех девяти измерений S_{11m} , S_{21m} , S_{31m} , ... S_{33m} , поэтому для обновления одного или всех S-параметров измеритель должен сделать три сканирования, в которых каждый порт должен быть источником сигнала.

5.1.3.4 Четырёхпортовая модель ошибок

На результат измерения в четырёхпортовой системе влияют сорок восемь систематических ошибок измерения:

Наименование	Источник сигнала			
	Порт 1	Порт 2	Порт 3	Порт 4
Направленность	E_{d1}	E_{d2}	E_{d3}	E_{d4}
Согласование источника	E_{s1}	E_{s2}	E_{s3}	E_{s4}
Частотная неравномерность отражения	E_{r1}	E_{r2}	E_{r3}	E_{r4}
Частотная неравномерность передачи	$E_{t21}, E_{t31}, E_{t41}$	$E_{t12}, E_{t32}, E_{t42}$	$E_{t13}, E_{t23}, E_{t43}$	$E_{t14}, E_{t24}, E_{t34}$
Согласование приемника	$E_{l21}, E_{l31}, E_{l41}$	$E_{l12}, E_{l32}, E_{l42}$	$E_{l13}, E_{l23}, E_{l43}$	$E_{l14}, E_{l24}, E_{l34}$
Развязка	$E_{x21}, E_{x31}, E_{x41}$	$E_{x12}, E_{x32}, E_{x42}$	$E_{x13}, E_{x23}, E_{x43}$	$E_{x14}, E_{x24}, E_{x34}$

Установив в процессе четырёхпортовой калибровки все сорок восемь ошибок для каждой измеряемой частоты можно получить истинное значение S-параметров: S_{11a} , S_{21a} , S_{31a} , S_{41a} , ... S_{44a} .

Примечание

При использовании четырёхпортовой калибровки, вычисление любого из S -параметров требует знания всех девяти измерений $S_{11m}, S_{21m}, S_{31m}, S_{41m}, \dots, S_{44m}$, поэтому для обновления одного или всех S -параметров измеритель должен сделать четыре сканирования, в которых каждый порт должен быть источником сигнала.

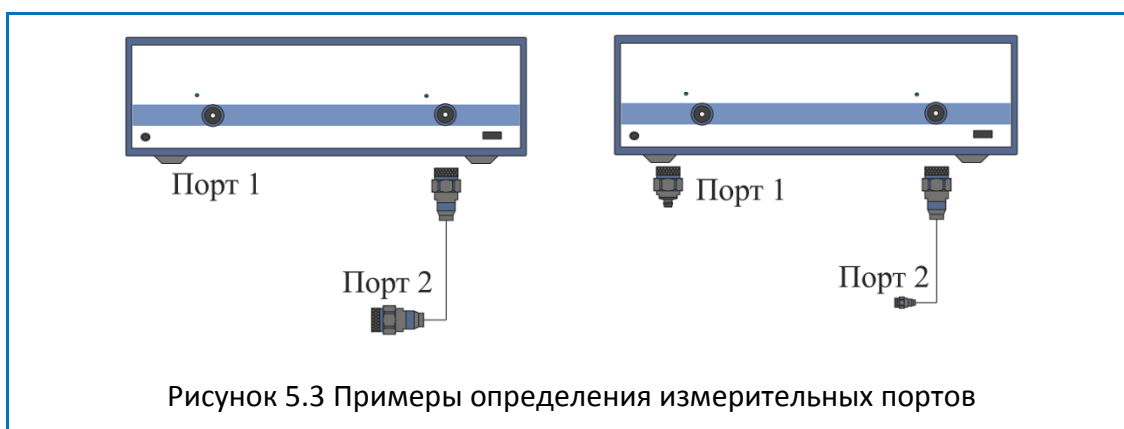
5.1.4 Определение положения измерительных портов

Процесс калибровки определяет положение измерительных портов. Измерительным портом считается разъем, к которому подключаются калибровочные меры в процессе калибровки.

Измерительным портом может являться разъем на передней панели, если к нему в процессе калибровки подключаются калибровочные меры.

В некоторых случаях для проведения измерений необходимо подключить к разъему на передней панели коаксиальный кабель и/или адаптер для перехода к другому типу разъема. В таких случаях в процессе калибровки калибровочные меры необходимо подключать к разъему кабеля или адаптера.

На рисунке 5.3 приведены два случая определения положения измерительных портов при измерении двухпортового устройства. Использование кабелей и/или адаптеров не влияет на результат измерений, если они включены в процесс калибровки.



В некоторых случаях используют термин *плоскость калибровки*, под которым понимают воображаемую плоскость, проходящую по срезу разъемов, к которым подключаются калибровочные меры в процессе калибровки.

5.1.5 Стадии процесса калибровки

Таблица 5.1 Стадии процесса калибровки

Стадии процесса калибровки	Описание
Выбор комплекта калибровочных мер	Комплект калибровочных мер выбирается в соответствии с типом присоединительных разъемов измерительных портов.
Выбор метода калибровки	Метод калибровки выбирается исходя из требуемой точности измерений. Метод калибровки определяет, какая часть ошибок (либо все ошибки) модели ошибок будет скомпенсирована.
Измерение калибровочных мер в заданном диапазоне частот	Число измерений мер зависит от метода калибровки.
Вычисление калибровочных коэффициентов	Анализатор сравнивает измеренные параметры калибровочных мер с их заранее известными параметрами. Разница используется для вычисления калибровочных коэффициентов (систематических ошибок).
Сохранение калибровочных коэффициентов	Таблица калибровочных коэффициентов сохраняется в анализаторе и используется для коррекции измерений.

Калибровка является всегда специфической для канала, так как зависит от установок стимула канала, в особенности от частотного диапазона. Это означает, что таблица калибровок хранится для каждого канала в отдельности.

5.1.6 Методы калибровки

Анализатор поддерживает несколько методов калибровки. Методы калибровки различаются количеством и типом используемых калибровочных мер, набором корректируемых систематических ошибок и точностью. В таблице 5.2 приведены методы калибровки.

Таблица 5.2 Методы калибровки

Метод калибровки	Измеряемые параметры	Меры	Ошибки	Точность
Нормализация отражения	S_{11} или S_{22}	<ul style="list-style-type: none"> ▪ КЗ или ХХ ▪ Нагрузка¹ 	E_{r1}, E_{d1} ¹ или E_{r2}, E_{d2} ¹	Низкая
Нормализация передачи	S_{21} или S_{12}	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Перемычка ▪ 2 нагрузки² 	E_{t1}, E_{x1} ² или E_{t2}, E_{x2} ²	Низкая
Полная однопортовая калибровка	S_{11} или S_{22}	<ul style="list-style-type: none"> ▪ КЗ ▪ ХХ ▪ Нагрузка 	E_{r1}, E_{d1}, E_{s1} или E_{r2}, E_{d2}, E_{s1}	Высокая
Однонаправленная двухпортовая калибровка	S_{11}, S_{21} или S_{12}, S_{22}	<ul style="list-style-type: none"> ▪ КЗ ▪ ХХ ▪ Нагрузка ▪ Перемычка ▪ 2 нагрузки² 	$E_{r1}, E_{d1}, E_{s1}, E_{t1},$ E_{x1} ² или $E_{r2}, E_{d2}, E_{s2}, E_{t2},$ E_{x2} ²	Средняя

¹ Если выполняется опциональная калибровка направленности.

² Если выполняется опциональная калибровка развязки.

Метод калибровки	Измеряемые параметры	Меры	Ошибки	Точность
Полная двухпортовая калибровка	S_{11}, S_{21} S_{12}, S_{22}	<ul style="list-style-type: none"> ▪ КЗ ▪ ХХ ▪ Нагрузка ▪ Перемычка ▪ 2 нагрузки² 	$E_{r1}, E_{d1}, E_{s1}, E_{t1},$ E_{11}, E_{x1}^2 $E_{r2}, E_{d2}, E_{s2}, E_{t2},$ E_{12}, E_{x2}^2	Высокая
Полная трёхпортовая калибровка	S_{11}, S_{21}, S_{31} S_{12}, S_{22}, S_{32} S_{13}, S_{23}, S_{33}	<ul style="list-style-type: none"> ▪ КЗ ▪ ХХ ▪ Нагрузка ▪ Перемычка две нагрузки² 	27 ошибок (раздел 5.1.3.3)	Высокая
Полная четырёх портовая калибровка	Все 16 S-параметров	<ul style="list-style-type: none"> ▪ КЗ ▪ ХХ ▪ Нагрузка ▪ Перемычка две нагрузки² 	48 ошибок (раздел 5.1.3.4)	Высокая
Двухпортовая TRL калибровка	S_{11}, S_{21} S_{12}, S_{22}	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Перемычка или линия ▪ Мера с высоким коэф. отражения ▪ Линия или 2 нагрузки 	$E_{r1}, E_{d1}, E_{s1}, E_{t1},$ E_{11} $E_{r2}, E_{d2}, E_{s2}, E_{t2},$ E_{12}	Очень высокая
Трёхпортовая TRL калибровка	S_{11}, S_{21}, S_{31} S_{12}, S_{22}, S_{32} S_{13}, S_{23}, S_{33}	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Перемычка или линия ▪ Мера с высоким коэф. Отражения ▪ Линия или 2 нагрузки 	Тоже что и для полной трёхпортовой, за исключением изоляции	Очень высокая

Метод калибровки	Измеряемые параметры	Меры	Ошибки	Точность
Четырёх портовая TRL калибровка	Все 16 S-параметров	<ul style="list-style-type: none">▪ Перемычка или линия▪ Мера с высоким коэф. отражения Линия или 2 нагрузки	Тоже что и для полной четырёх портовой, за исключением изоляции	Очень высокая

5.1.6.1 Нормализация

Нормализация –этопростейший метод калибровки, так как он требует измерения только одной калибровочной меры для каждого измеряемого S–параметра.

- Однопортовые измерения коэффициента отражения (S_{11} , S_{22}) калибруются с помощью меры КЗ или ХХ, давая оценку частотной неравномерности отражения – **Er**.
- Двухпортовые измерения коэффициента передачи (S_{21} , S_{12}) калибруются с помощью меры перемычка, давая оценку частотной неравномерности передачи – **Et**.

Метод называется нормализацией, так как измеряемый S–параметр в каждой частотной точке делится на соответствующий S–параметр калибровочной меры (нормируется).Нормализация устраняет частотно зависимые ослабление и сдвиг фазы в цепи измерения, она не компенсирует ошибки направленности, согласования и развязки. Это ограничивает точность метода.

5.1.6.2 Опциональная калибровка направленности

Анализатор имеет возможность опциональной калибровки направленности (**Ed**) при использовании нормализации отражения путем дополнительного измерения меры – нагрузка. Дополнительная коррекция направленности, увеличивает точность метода нормализации.

5.1.6.3 Опциональная калибровка развязки

Анализатор имеет возможность опциональной калибровки развязки (**Ex**) при выполнении трех видов калибровки:

- нормализация передачи;
- однонаправленная двухпортовая калибровка;
- полная двухпортовая калибровка.

Калибровка осуществляется путем измерения развязки при подключении нагрузок одновременно к двум портам. Калибровка развязки, в большинстве случаев, может быть пропущена в силу очень незначительного проникновения сигнала между портами анализатора.

Примечание

При калибровке развязки рекомендуется устанавливать узкую полосу ПЧ, усреднение, а так же жестко закреплять кабели.

5.1.6.4 Полная однопортовая калибровка

Полная однопортовая калибровка требует подключения трехкалибровочных мер к одному порту:

- мера K3;
- мера XX;
- мера нагрузка.

Измерение трех мер позволяет компенсировать все три ошибки однопортовой модели – **Ed**, **Es**, **Er**. Полная однопортовая калибровка обладает высокой точностью при измерении отражения с помощью одного порта.

5.1.6.5 Однонаправленная двухпортовая калибровка

Однонаправленная двухпортовая калибровка совмещает полную однопортовую калибровку и расширенную нормализацию передачи. Метод позволяет более точно оценить ошибку частотной неравномерности передачи (**Et**), чем нормализация передачи.

Однонаправленная двухпортовая калибровка требует подключения трех мер к порту источника, как однопортовая калибровка, плюс подключение меры – перемычка между этим калиброванным портом источника и вторым портом приемника.

Однонаправленная двухпортовая калибровка корректирует ошибки **Ed**, **Es**, **Er** в порте источника и ошибку частотной неравномерности передачи – **Et**. Она не учитывает ошибку согласования источника (**EI**) двухпортовой модели ошибок измерения.

Однонаправленная двухпортовая калибровка подходит в случае измерения параметров устройства в одном направлении, например **S₁₁** и **S₂₁**.

5.1.6.6 Полная двухпортовая калибровка

Полная двухпортовая калибровка требует семь подключений калибровочных мер. Она совмещает полные однопортовые калибровки для каждого порта, плюс одно подключение меры перемычка, при котором делаются два измерения передачи для каждого порта – источника сигнала. Если требуется опциональная калибровка развязки, то необходимо подключение двух нагрузок к портам, при котором делаются два измерения развязки для каждого порта – источника сигнала.

Полная двухпортовая калибровка корректирует все двенадцать ошибок двухпортовой модели ошибок: E_{d1} , E_{d2} , E_{s1} , E_{s2} , E_{r1} , E_{r2} , E_{t1} , E_{t2} , E_{l1} , E_{l2} , E_{x1} , E_{x2} (коррекция E_{x1} , E_{x2} может быть опущена).

Полная двухпортовая калибровка обладает высокой точностью при измерениях двухпортовых устройств.

5.1.6.7 Полная трехпортовая калибровка

Полная трехпортовая калибровка требует двенадцать подключений калибровочных мер. Она совмещает полные однопортовые калибровки для каждого порта, плюс подключение к каждой паре портов меры перемычки, при котором делаются два измерения передачи для каждого порта – источника сигнала. Если требуется опциональная калибровка развязки, то необходимо последовательное подключение двух нагрузок к каждой паре портов, при котором делаются два измерения развязки для каждого порта – источника сигнала.

Полная трехпортовая калибровка корректирует все двадцать семь ошибок трехпортовой модели ошибок (раздел 5.1.3.3). Коррекция E_{x21} , E_{x31} , E_{x12} , E_{x32} , E_{x13} , E_{x23} может быть опущена.

Полная трехпортовая калибровка обладает высокой точностью при измерениях трехпортовых устройств.

5.1.6.8 Полная четырехпортовая калибровка

Полная четырехпортовая калибровка требует восемнадцать подключений калибровочных мер. Она совмещает полные однопортовые калибровки для каждого порта, плюс подключение к каждой паре портов меры перемычки, при котором делаются два измерения передачи для каждого порта – источника сигнала. Если требуется опциональная калибровка развязки, то необходимо последовательное подключение двух нагрузок к каждой паре портов, при котором делаются два измерения развязки для каждого порта – источника сигнала.

Полная четырехпортовая калибровка корректирует все сорок восемь ошибок трехпортовой модели ошибок (раздел 5.1.3.4). Коррекция E_{x21} , E_{x31} , E_{x41} , E_{x12} , E_{x32} , E_{x42} , E_{x13} , E_{x23} , E_{x43} , E_{x14} , E_{x24} , E_{x34} может быть опущена.

Полная четырехпортовая калибровка обладает высокой точностью при измерениях четырехпортовых устройств.

5.1.6.9 Упрощенная трех- четырехпортовая калибровка

В отличие от полной трех- четырехпортовой калибровки, упрощенная калибровка позволяет опустить часть измерений меры перемычки.

При выполнении упрощенной трехпортовой калибровки одной из трех измерений меры перемычки может быть опущено.

При выполнении упрощенной четырехпортовой калибровки можно опустить до трех из шести измерений меры перемычки: при топологии подключения меры перемычки «звезда» требуются три подключения, например к портам 1-2, 1-3, 1-4, в обратном случае необходимо минимум четыре подключения меры перемычки для повышения точности.

5.1.6.10 Скользящая нагрузка

В полной однопортовой и двухпортовой калибровках возможно использование скользящей нагрузки вместо фиксированной. Использование данного типа нагрузки позволяет значительно повысить точность калибровки на высоких частотах по сравнению с фиксированной нагрузкой.

Скользящая нагрузка использует серию измерений в различных положениях подвижного элемента для компенсации отражения от поглощающего элемента.

Для активирования алгоритма "скользящей нагрузки" при выполнении калибровки, в выбранном комплекте калибровочных мер должна находиться мера типа "скользящая нагрузка" и ей должен быть назначен класс "нагрузка" соответствующего порта. Редактирование калибровочных мер и назначение им классов подробно описано ниже.

Скользящая нагрузка обладает ограничением по частоте снизу. Для преодоления этого ограничения в нижней части частотного диапазона используют фиксированную нагрузку. Для совместной калибровки с помощью скользящей и фиксированной нагрузок используется механизм *подклассов* мер. Механизм подклассов мер подробнее описан ниже.

5.1.6.11 Неизвестная перемычка

Неизвестная перемычка используется только в методе полной двухпортовой калибровки, которая также называется SOLT калибровкой от английского – Short, Open, Load, Thru.

В данной калибровке используется соединение портов друг с другом – так называемая перемычка. Если невозможно обеспечить соединение портов друг с другом в силу несоответствия пола или типа разъемов, то необходимо использовать перемычку с известными параметрами. Однако точное знание параметров перемычки не всегда возможно, в этом случае на помощь приходит калибровка с "неизвестной перемычкой".

В качестве "неизвестной перемычки" может выступать произвольный четырехполюсник с неизвестными параметрами. К "неизвестной перемычке" предъявляются лишь два требования.

Первое требование касается коэффициента передачи перемычки. Она должна обладать свойством обратимости ($S_{21} = S_{12}$), что легко выполняется практически для любых пассивных цепей. Кроме того, не рекомендуется применять перемычки с потерями более 20 дБ, из-за увеличения погрешности калибровки.

Второе требование заключается в знании примерной электрической длины "неизвестной перемычки", с точностью до 1/4 длины волны на максимальной частоте калибровки. Более того, и данное требование может быть опущено, если выбран шаг по частоте:

$$\Delta F < \frac{1}{4 \cdot \tau_0},$$

где τ_0 – задержка четырехполюсника.

В этом случае программа анализатора автоматически определяет электрическую длину (задержку) четырехполюсника.

Иными словами задержку "неизвестной перемычки" можно не задавать, если используется достаточно мелкий шаг по частоте. Например, для "неизвестной перемычки" длиной $l_0 \approx 100 \text{ мм}$, с коэффициентом замедления $1/\sqrt{\varepsilon} \approx 0.7$ задержка $\tau_0 \approx 477 \text{ пс}$. Тогда шаг по частоте для автоматического определения задержки "неизвестной перемычки" должен быть задан: $\Delta F < 524 \text{ МГц}$, или количество точек в диапазоне сканирования 8 ГГц должно быть не менее 16. Для надежной работы шаг по частоте и количество точек выбирают с не менее, чем с двукратным запасом.

Для использования алгоритма "неизвестной перемычки" при выполнении полной двухпортовой калибровки, в описание комплекта калибровочных мер должна быть включена мера типа "неизвестная перемычка" и ей должен быть назначен класс "перемычка" для пары портов. Редактирование калибровочных мер и назначение им классов подробно описано ниже.

Если пользователем задано нулевое значение задержки "неизвестной перемычки" в редакторе комплектов калибровочных мер, то она определяется автоматически. В противном случае используется введенное пользователем значение задержки, которое должно быть задано с точностью до $1/4$ длины волны на максимальной частоте калибровки.

5.1.6.12 TRL калибровка

TRL калибровка (Thru-Reflect-Line) является наиболее точной из описанных методов калибровки, так как она использует воздушные линии в качестве мер. TRL калибровка требует подключения следующих калибровочных мер:

- Перемычка или опорная линия;
- Отражатель (КЗ или ХХ);
- Вторая линия или пара согласованных нагрузок.

TRL – это общее название семейства калибровок, в зависимости от используемых мер, используют и другие наименования: LRL, TRM, LRM.

Если в качестве первой меры используется перемычка нулевой длины, то метод называют TRL. Если в качестве первой меры используется линия ненулевой длины, то метод называют LRL (Line-Reflect-Line). Для обозначения первой меры как TRL, так и LRL калибровки вводится класс мер *TRL-перемычка*, который включает в себя перемычку и линии. Линия из класса *TRL-перемычка* также называется *опорной*.

В качестве второй меры TRL калибровки обычно используется мера ХХ или КЗ. Для обозначения второй меры вводится класс мер *TRL-отражатель*.

В качестве третьей меры TRL калибровки используется вторая линия. На низких частотах, где хорошо работают нагрузки, может использоваться пара согласованных нагрузок, так как они эквивалентны согласованной линии бесконечной длины. В последнем случае – метод называется TRM (Thru-Reflect-Match) или LRM (Line-Reflect-Match), соответственно. Для обозначения третьей меры TRL калибровки вводится класс мер *TRL-линия/нагрузка*, который включает в себя линии и нагрузки.

Частотный диапазон	<p>TRL и LRL калибровки имеют ограниченный частотный диапазон с отношением нижней частоты к верхней частоте до 1:8. Границы частотного диапазона зависят от длины линии для TRL калибровки или от разности длин двух линий для LRL калибровки.</p> <p>TRM и LRM калибровки теоретически не имеют ограничения по частоте, однако параметры фиксированных нагрузок ухудшаются с ростом частоты. Рекомендуемый предел использования TRM и LRM калибровки до 1 ГГц.</p>
Волновое сопротивление линий и нагрузок	<p>Все линии и нагрузки должны иметь как можно более точное значение волнового сопротивления Z_0. TRL калибровка переносит волновое сопротивление мер в откалиброванную систему. В коаксиальном тракте в качестве линий используются прецизионные воздушные линии, имеющие точное значение волнового сопротивления Z_0 равное 50 Ω.</p>
Опорная линия	<p>В TRL калибровке в качестве первой меры используется перемычка нулевой длины. В LRL калибровке вместо нулевой перемычки используется линия, которая называется опорной линией. В качестве опорной линией служит наиболее короткая линия. Ее длина должна быть известна для точного вычисления положения калибровочных плоскостей. Однако возможна LRL калибровка, когда длина опорной линии не известна. В таком случае ее длина принимается равной нулю, при этом плоскость калибровки будет проходить по центру линии, а не по срезу портов.</p>

TRL-линия

TRL-линией называется воздушная линия, используемая в TRLкалибровке, либо вторая, более длинная линия, используемая в LRL калибровке. Длина TRL линии должна быть известна лишь примерно. Длина линии используется при вычислении частотного диапазона калибровки следующим образом. Пусть ΔL – разность длин двух линий LRL калибровки, а для TRL калибровки эта разность равна длине линии, так как в качестве опорной линии служит перемычка нулевой длины. Тогда разность фаз между TRL-линией и опорной линией, либо перемычкой должна быть не менее 20° на нижней частоте и не более 160° на верхней частоте калибровки:

$$20 < \frac{360 \cdot f \cdot \Delta L}{v} < 160,$$

где $\Delta L = L_1 - L_0$,

L_0 – длина опорной линии,

L_1 – длина TRL линии,

v – скорость волны в линии (для воздушной линии равна $c = 2.9979 \cdot 10^8$ м/с).

Таким образом, отношение верхней частоты к нижней для TRL/LRL калибровки составляет 1:8. Кроме того, TRL/LRL калибровка не работает на низких частотах, так как для этого требуется очень длинная линия. Для расширения частотного диапазона калибровки используют две и более TRL-линии. Так для двух TRL-линий частотный диапазон может быть увеличен до 1:64.

TRL-нагрузка

В отличие от TRL/LRL калибровки, TRM/LRM калибровка использует согласованные нагрузки вместо TRL-линии, которые эквивалентны линии бесконечной длины. TRM/LRM калибровка теоретически не имеет ограничения по частоте. Однако применение TRM/LRM калибровки на высоких частотах сдерживается качеством нагрузок. Как правило, TRM/LRM калибровка используются в нижней части частотного диапазона, так она работает начиная с нулевой частоты.

TRL-отражатель	<p>К TRL-отражателю не предъявляется жестких требований. Параметры TRL-отражателя должны быть известны лишь примерно. Отражатель должен обладать коэффициентом отражения близким к 1, а его фазовая характеристика должна быть известна с точностью $\pm 90^\circ$. Типично любая мера XX или K3 удовлетворяет этим требованиям. Следующее требование заключается в том, что коэффициент отражения должен быть идентичен для каждого порта. В случае использования одной и той же меры по очереди для каждого порта, это требование автоматически выполняется. В случае когда порты имеют разъемы различного пола или типа, необходимо использовать специальные меры, с идентичными электрическими характеристиками, выпускаемые парами</p>
Расширение частотного диапазона TRL калибровки	<p>Для расширения частотного диапазона TRL калибровки используют метод разбиения на несколько непересекающихся диапазонов. В каждом диапазоне используется отдельная TRL-линия различной длины, для которой должно выполняться условие разности фаз между ней и опорной линией от 20° до 160°, которое описано выше. В самом низкочастотном диапазоне используется согласованная нагрузка.</p> <p>Для расширения частотного диапазона калибровки программное обеспечение прибора позволяет использовать до 8 линий. Для этого служат два механизма управления комплектами калибровочных мер:</p> <ul style="list-style-type: none">- назначение частотных границ калибровочным мерам, которое подробно описано в разделе 5.3.2;- назначение классов калибровочных мер с возможностью отнесения до 8 калибровочных мер к одному классу, так называемых <i>подклассов</i> мер. Подробнее смотри раздел 5.3.4. <p>Упомянутое разбиение частотного диапазона калибровки на поддиапазоны и назначение каждому из них отдельной TRL-линии производится пользователем заблаговременно до калибровки в редакторе комплектов калибровочных мер.</p>

5.1.6.13 Multiline TRL калибровка

Классическая TRL калибровка, описанная в предыдущем разделе, использует для расширения частотного диапазона калибровки несколько линий различной длины. При этом она использует метод разбиения частотного диапазона на отдельные поддиапазоны.

Multiline TRL калибровка также использует несколько линий. При этом она не использует разбиение на несколько частотных поддиапазонов. Вместо этого все линии используются одновременно во всем частотном диапазоне калибровки. Избыточность измерений линий используется как для расширения частотного диапазона, так и для увеличения точности калибровки. Число линий должно не менее 3-х, с увеличением числа линий растет точность калибровки.

Для включения множества линий в процесс калибровки как и в обычной TRL калибровке используется механизм *подклассов мер*, который подробно описан в разделе "5.3.4 Назначение классов калибровочных мер".

Переключение между обычной и Multiline TRL калибровкой описано в разделе 5.2.10.1.

В таблице 5.3 приведены отличия между обычной и Multiline TRL калибровками при заполнении данных в редакторе комплектов калибровочных мер.

Таблица 5.3 Сравнение TRLи Multiline TRLкалибровок

Калибровочная мера	Данные в редакторе комплектов калибровочных мер	
	TRL	Multiline TRL
Опорная линия или перемычка	1. Тип: Прмч/Линия 2. Мин. и макс. частота 3. Задержка 4. Класс: TRL перемычка	1. Тип: Прмч/Линия 2. Задержка 3. Класс: TRL Лин/Нагр либо TRL перемычка
Линия	1. Тип: Прмч/Линия 2. Мин. и макс. частота 3. Класс: TRL Лин/Нагр	Общее число линий – не менее 3-х.
Согласованная нагрузка (необязательно)	1. Тип: Нагрузка 2. Мин. и макс. частота 3. Класс: TRL Лин/Нагр	1. Тип: Нагрузка 2. Класс: TRL Лин/Нагр
Отражатель	1. Тип: КЗ или ХХ 2. Мин. и макс. частота 3. Параметры модели, позволяющие вычислить фазовый отклик с точностью до $\pm 90^\circ$. 4. Класс: TRL отраж.	

5.1.6.14 Калибровка в волноводном тракте

Анализатор поддерживает следующие методы калибровки в волноводном тракте:

- Нормализация отражения и передачи;
- Полная однопортовая калибровка;
- Однонаправленная двухпортовая калибровка;
- Полная двухпортовая калибровка;
- TRL калибровка.

Анализатор поддерживает меру типа скользящая нагрузка совместно с указанными калибровками, кроме TRL.

Калибровка в волноводном тракте имеет следующие особенности:

- Системное сопротивление анализатора Z_0 было установлено равным 1Ω . В определении волноводного набора калибровочных мер значения волнового сопротивления смещения и импеданс нагрузки также должны быть равными 1Ω .
- В волноводной калибровке вместо пары мер ХХ и КЗ используется пара смещенных мер КЗ, как правило $1/8\lambda_0$ и $3/8\lambda_0$, где λ_0 – длина волны в волноводе на средней частоте.

5.1.7 Калибровочные меры и комплекты мер

Калибровочные меры –это прецизионные физические устройства, используемые для определения погрешностей в измерительной системе.

Комплект мер – это набор калибровочных мер с определенным типом разъемов, и с определенным волновым сопротивлением, соответственно.

Анализатор содержит определения комплектов калибровочных мер различных производителей. Пользователь может добавлять определения своих комплектов калибровочных мер или модифицировать predetermined. Порядок редактирования комплектов калибровочных мер описан в разделе 5.3.

Для обеспечения точности калибровки необходимо выбрать в программе используемый комплект калибровочных мер. Порядок выбора комплекта калибровочных мер описан в разделе 5.2.1.

5.1.7.1 Определения и классы калибровочных мер

Каждая калибровочная мера имеет *определение* и принадлежит к одному или нескольким *классам*.

Определение калибровочной меры –это математическое описание ее параметров.

Класс калибровочной меры – это назначение меры в конкретном методе калибровки с привязкой к номеру порта. Например, "нагрузка порта 1" в полной двухпортовой калибровке.

5.1.7.2 Типы калибровочных мер

Тип калибровочной меры – это категория физических устройств, к которой относится мера, используемая для определения ее параметров. Анализатор поддерживает следующие типы калибровочных мер:

- ХХ;
- КЗ;
- Фиксированная нагрузка;
- Скользящая нагрузка;
- Перемычка/линия;
- Неизвестная перемычка;
- Мера, определенная данными (S-параметрами).

Примечание

Тип калибровочной меры не следует путать с ее классом. Тип калибровочной меры – это часть определения, которая используется для вычисления параметров меры.

5.1.7.3 Способы определения калибровочных мер

В анализаторе используются два способа определения калибровочных мер:

- модель калибровочных мер (раздел 5.1.7.4);
- таблица S-параметров (раздел 5.1.7.5).

Кроме того, для каждой меры указываются значения нижней и верхней рабочей частоты. За пределами указанных частот измерения меры не используются при калибровке.

5.1.7.4 Модель калибровочных мер

Модель калибровочной меры, представленная в виде эквивалентной цепи, используется для вычисления ее S-параметров. Модель используется для мер типа ХХ, КЗ, фиксированная нагрузка, перемычка/линия.

Для мер ХХ, КЗ, фиксированная нагрузка используется однопортовая модель, представленная на рисунке 5.4.

Для меры перемычка/линия используется двухпортовая модель, представленная на рисунке 5.5.



Описание числовых параметров модели эквивалентной цепи калибровочных мер даны в таблице 5.4.

Таблица 5.4 Параметры модели эквивалентной цепи калибровочных мер

Параметр (обозначение в программе)	Описание параметра
Z ₀ (Смещение:Z0)	<p>Волновое сопротивление линии передачи [Ω], выступающей в качестве смещения.</p> <p>В коаксиальном тракте указывается реальное значение волнового сопротивления линии, обычно равное 50 Ω или 75 Ω.</p> <p>В волноводном тракте указывается условная величина 1 Ω.</p>
T (Смещение: задержка)	<p>Задержка смещения. Определяется как время распространения сигнала в линии передачи в одну сторону [секунды]. Задержка может быть измерена или получена математически делением точно известной физической длины на скорость распространения сигнала в линии.</p> <p>В волноводном тракте задержка условно принимается равной задержке в коаксиальном тракте такой же длины. Реальная задержка сигнала в волноводе зависит от частоты и вычисляется в программе.</p> <p>Вместо задержки в программе можно указывать длину смещения [метры]. Задержка рассчитывается согласно формуле для коаксиальной воздушной линии:</p> $T = \frac{\sqrt{\varepsilon_r} l}{c},$ <p>где l – длина линии [м];</p> <p>c – скорость света в вакууме 299792458 [м/с];</p> <p>ε_r – диэлектрическая проницаемость воздуха 1.000649.</p> <p>Длина может быть указана для мер, имеющих смещение в виде коаксиальной воздушной линии или волновода, если производитель меры приводит в качестве данных длину, а не задержку смещения.</p> <p>Примечание: при использовании метода калибровки Multiline TRL, рекомендуется всегда указывать длину линий, независимо от их типа, диэлектрика, наличия дисперсии скорости распространения волны. Данный метод калибровки использует для расчетов физическую длину линий, а не задержку.</p>

Параметр (обозначение в программе)	Описание параметра
Rл (Смещение: потери)	<p>Потери смещения за счет скин – эффекта при распространении сигнала в одну сторону. Потери измеряются в единицах [Ом/с].</p> <p>Потери в коаксиальной линии определяются на частоте 1 ГГц путем измерения потерь L[дБ] на частоте 1 ГГц. Измеренные значения подставляются в формулу:</p> $Rn[\Omega/c] = \frac{L[\text{дБ}] \cdot Z_0[\Omega]}{4.3429[\text{дБ}] \cdot T[c]}$ <p>В волноводе потери очень малы. Если производитель волноводной меры не приводит данные по потерям, то рекомендуется установить значение 0.</p> <p>Если производитель волноводной меры приводит данные по потерям, то его необходимо ввести, для более точного расчета потерь в волноводе.</p>
Rн (Импеданс нагрузки)	<p>Сопrotивление нагрузки [Ом] для меры типа фиксированная нагрузка.</p> <p>В коаксиальном тракте указывается реальное значение, обычно равное 50 Ω или 75 Ω.</p> <p>В волноводном тракте указывается условная величина 1 Ω.</p>
С (С0, С1, С2, С3)	<p>Краевая емкость меры холостого хода, вызывающая сдвиг фазы коэффициента отражения на высоких частотах. Модель краевой емкости описывается функцией частоты, в виде полинома третьего порядка:</p> $C = C_0 + C_1 f + C_2 f^2 + C_3 f^3,$ <p>где f : частота [Гц];</p> <p>C₀...C₃ – коэффициенты полинома.</p> <p>Размерность: C₀[Ф], C₁[Ф/Гц], C₂[Ф/Гц²], C₃[Ф/Гц³]</p>

Параметр (обозначение в программе)	Описание параметра
L (L0, L1, L2, L3)	<p>Паразитная индуктивность меры короткого замыкания, вызывающая сдвиг фазы коэффициента отражения на высоких частотах. Модель паразитной индуктивности описывается функцией частоты, в виде полинома третьего порядка:</p> $L = L_0 + L_1 f + L_2 f^2 + L_3 f^3,$ <p>где f – частота [Гц];</p> <p>$L_0...L_3$ – коэффициенты полинома.</p> <p>Размерность: L_0[Гн], L_1[Гн/Гц], L_2[Гн/Гц²], L_3[Гн/Гц³]</p>
Тракт	<p>Тракт смещения. Позволяет выбрать из двух вариантов:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Коаксиал; • Волновод.
Отношение высоты к ширине волновода (H/W)	<p>Определяет отношение сторон волновода. Используется для расчета потерь в волноводе, если значение потерь смещения задано не 0.</p>
Минимальная и максимальная частота (Fmin, Fmax)	<p>В коаксиальном тракте служат для проведения калибровки с помощью нескольких мер, каждая из которых не покрывает весь частотный диапазон.</p> <p>В волноводном тракте это значения частоты среза волновода $F_{ср}$ и удвоенной частоты среза $2F_{ср}$. Частота среза волновода достигается при длине волны в волноводе $\lambda_{ср}$ равной его удвоенной ширине. Внимание, не путать с минимальной и максимальной рабочей частотой волновода, которые обычно задаются производителем с запасом относительно частоты среза.</p>

5.1.7.5 Калибровочные меры, определенные данными

Калибровочные меры, определенные данными задаются с помощью таблицы S-параметров. Каждая строка таблицы содержит значения частоты и S-параметров меры. Для однопортовых мер таблица содержит значения одного параметра – S_{11} , а

для двухпортовых мер таблица содержит значения всех четырех параметров – S_{11} , S_{21} , S_{12} , S_{22} .

Таблица S-параметров вводится пользователем вручную или может быть загружена из файла формата Touchstone. Для однопортовых мер используются файлы *.s1p, а для двухпортовых мер используются файлы *.s2p.

5.1.7.6 Степень определения калибровочных мер

В различных методах калибровки используются полностью или частично определенные комплекты калибровочных мер.

В полной двухпортовой калибровке, полной однопортовой калибровке, однонаправленной двухпортовой калибровке и нормализации используются полностью определенные меры, то есть меры с известными S-параметрами. S-параметры мер XX, K3, нагрузка и перемычка/линия должны быть определены моделью, либо данными.

Примечание

Меры типа неизвестная перемычка и скользящая нагрузка являются исключением в указанных выше калибровках. Их S-параметры определяются в ходе самого процесса калибровки. Неизвестная перемычка примеряется только в полной двухпортовой калибровке.

В TRL калибровке и ее модификациях (TRM, LRL, LRM) используются частично определенные меры:

- мера TRL-перемычка должна иметь требуемое значение Z0 ($S_{11}=S_{22}=0$) и известную длину (задержку);
- мера TRL-линия/нагрузка должна иметь такое же значение Z0 как у первой меры;
- мера TRL-отражатель должна иметь известную с точностью до $\pm 90^\circ$ фазу.

5.1.7.7 Классы калибровочных мер

Наряду с определением меры с помощью модели или данных, ей должен быть назначен класс. Одной мере может быть назначено несколько классов. Назначение классов мер осуществляется индивидуально для каждого комплекта калибровочных мер. Порядок назначения классов мер описан в разделе 5.3.4.

Назначение класса калибровочной мере служит для указания метода калибровки, роли меры в калибровке, номера порта(ов). Анализатор поддерживает классы мер, перечисленные в таблице 5.5.

Таблица 5.5 Классы мер

Методы калибровки	Наименование класса	Порт	
Полная двухпортовая калибровка, Полная однопортовая калибровка, Двухпортовая однонаправленная калибровка, Нормализация передачи, Нормализация отражения.	XX	1	
		2	
	КЗ	1	
		2	
	Нагрузка	1	
		2	
	Перемычка	1-2	
	TRL – калибровка, LRL – калибровка, TRM – калибровка, LRM – калибровка.	TRL-перемычка	1-2
		TRL-отражатель	1
			2
TRL-линия/нагрузка		1-2	

Например, назначение мере "XX –F–"класса " XX Порт 1" означает, что данная мера используется для калибровки первого порта в следующих методах калибровки: полная двухпортовая, полная однопортовая, однонаправленная двухпортовая, и нормализация.

Примечание

Назначение классов изменяет наименования мер на программных кнопках калибровки.

5.1.7.8 Подклассы калибровочных мер

Подклассы служат для назначения одного класса нескольким мерам. Механизм подклассов используется, главным образом, для калибровки в широком частотном диапазоне с помощью нескольких мер, каждая из которых не покрывает весь частотный диапазон. Каждый класс мер может содержать до 8 подклассов.

Например, в имеющемся комплекте калибровочных мер определены нагрузка от 0 ГГц до 2 ГГц, и линия от 1.5 ГГц до 12 ГГц. Для осуществления TRM/TRLкалибровки в полном частотном диапазоне, нагрузке должен быть назначен подкласс 1, а линии – подкласс 2 класса "TRL-линия/нагрузка".

Если меры имеют пересекающийся диапазон частот (как в указанном выше примере от 1.5 ГГц до 2 ГГц), то в нем используются измерения меры, которая была измерена последней.

Примечание

Назначение подклассов мер изменяет программные кнопки калибровки. Кнопка измерения заменяется кнопкой перехода в меню подклассов, которое содержит кнопки измерения нескольких мер.

5.2 Порядок выполнения калибровки

5.2.1 Выбор комплекта калибровочных мер

Используемый при калибровке комплект калибровочных мер должен быть выбран пользователем согласно описанной процедуре. Если он отсутствует в списке предопределенных комплектов, то он должен быть предварительно создан. Создание и редактирование комплектов калибровочных мер описано в разделе 5.3.

Для появления списка комплектов калибровочных мер (рисунок 5.6) нажмите программные кнопки **Калибровка > Комплект мер**.



	Наименование	Описание	Выбрать	Предопред.	Изменен	Число мер	
1	85032B/E	Type-N 50Ω 6GHz Cal Kit (Agilent)	<input checked="" type="checkbox"/>	Да	Нет	6	
2	85032F	Type-N 50Ω 9GHz Cal Kit (Agilent)	<input type="checkbox"/>	Да	Нет	8	
3	85054D	Type-N 50Ω 18GHz Cal Kit (Agilent)	<input type="checkbox"/>	Да	Нет	6	
4	85054B	Type-N 50Ω 18GHz Cal Kit with Sliding Load (Agilent)	<input type="checkbox"/>	Да	Нет	8	
5	05CK10A-150	Type-N 50Ω 18GHz Cal Kit (Rosenberger)	<input type="checkbox"/>	Да	Нет	6	
6	8850Q	Type-N 50Ω 18GHz Cal Kit (Maury Microwave)	<input type="checkbox"/>	Да	Нет	6	
7	85033D/E	3.5 mm 6GHz/9GHz Cal Kit (Agilent)	<input type="checkbox"/>	Да	Нет	6	
8	85052B	3.5 mm 26.5GHz Cal Kit with Sliding Load (Agilent)	<input type="checkbox"/>	Да	Нет	10	
9	85052C	3.5 mm 26.5GHz SOLT/TRL Cal Kit (Agilent)	<input type="checkbox"/>	Да	Нет	10	

Рисунок 5.6 Список комплектов калибровочных мер

В списке комплектов калибровочных мер наведите выделение на нужную строку и нажмите программную кнопку **Выбрать**.

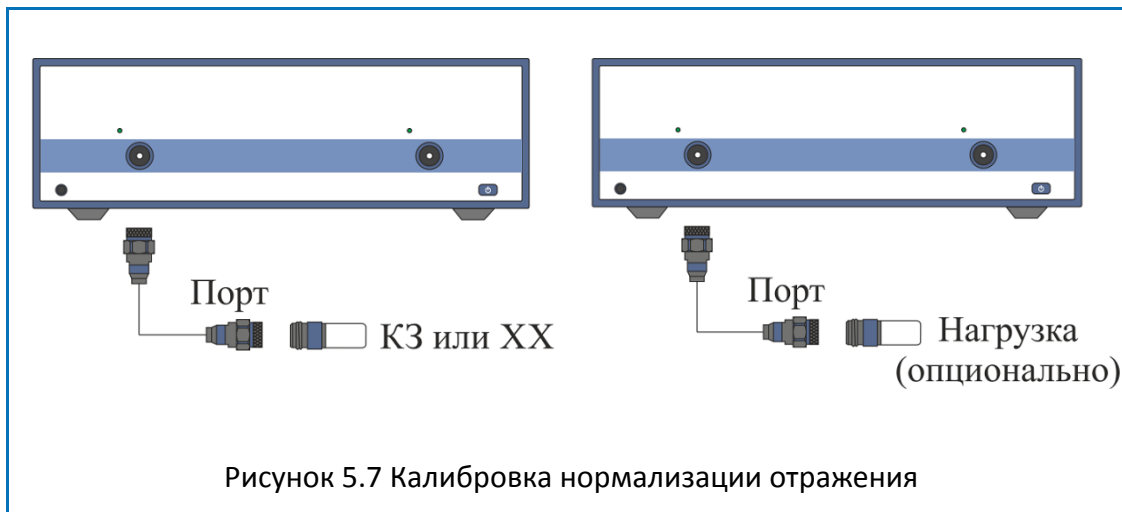


Примечание

Убедитесь, что напротив выбранного комплекта мер установлена галочка.

5.2.2 Калибровка нормализации отражения

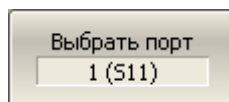
Нормализация отражения – простейший метод калибровки для измерения коэффициента отражения (S_{11} или S_{22}). Он требует измерения одной калибровочной меры КЗ или ХХ (рисунок 5.7). По усмотрению пользователя может быть проведена калибровка направленности путем измерения меры нагрузка.



Перед калибровкой необходимо выполнить следующие предварительные установки анализатора: назначить активный канал, установить параметры канала (частотный диапазон, полосу ПЧ и другие), выбрать комплект калибровочных мер.



Для перехода к калибровке нормализации отражения – нажмите программные кнопки **Калибровка > Калибровать > Нормализация (КЗ) | Нормализация (ХХ)**.

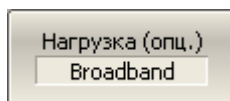


Выберите калибруемый порт программной кнопкой **Выбрать порт**. Надпись на кнопке переключает номер порта (изменяемый параметр).



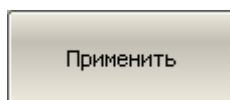
Подключите к порту меру КЗ или ХХ как показано на рисунке 5.7. Выполните измерение, нажав кнопку с обозначением класса меры **КЗ** или **ХХ**, соответственно.

В строке статуса анализатора во время измерения индицируется сообщение «Калибровка...». По завершению измерения в левой части кнопки ставится отметка.



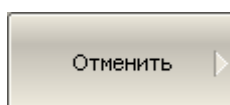
Если требуется провести не обязательную калибровку направленности – подключите к порту меру нагрузка как показано на рисунке 5.7. Выполните измерение, нажав кнопку с обозначением **Нагрузка (опц.)**.

В строке статуса анализатора во время измерения индицируется сообщение «Калибровка...». По завершению измерения в левой части кнопки ставится отметка.



Для завершения калибровки – нажмите программную кнопку **Применить**.

По нажатию кнопки рассчитывается таблица калибровочных коэффициентов и сохраняется в памяти канала. Автоматически включается функция коррекции ошибок.



Если требуется отменить результаты измерения мер – нажмите программную кнопку **Отменить**.

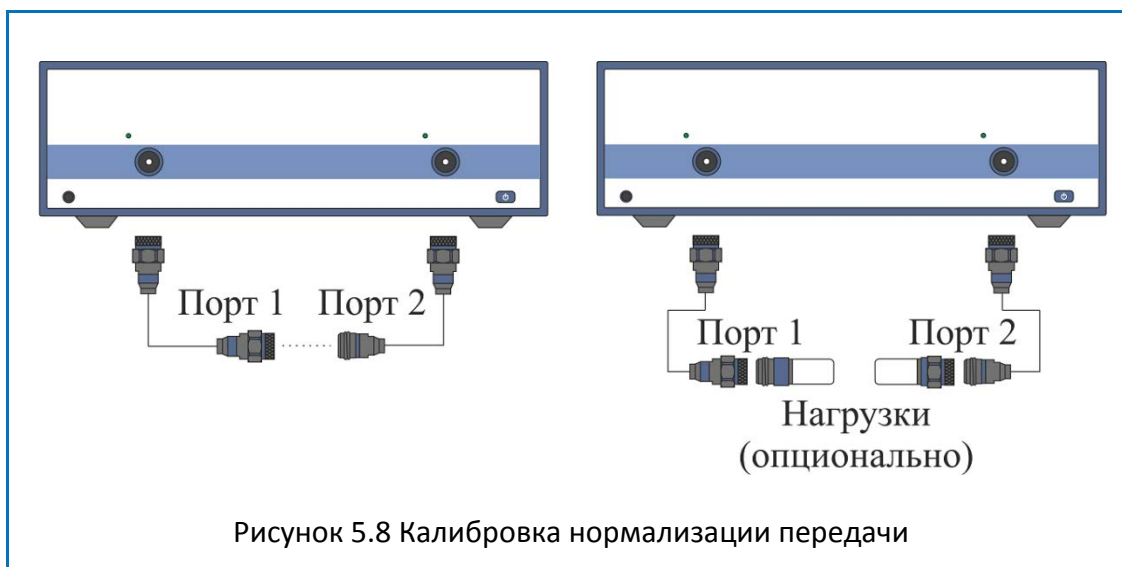
Данная кнопка не отменяет существующую калибровку. Если требуется отменить существующую калибровку – отключите коррекцию ошибок (раздел 5.2.15).

Примечание

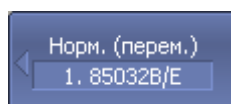
Проверить состояние калибровки можно в строке состояния канала (таблица 5.6) и в строке состояния графика (таблица 5.7).

5.2.3 Калибровка нормализации передачи

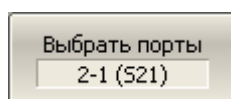
Нормализация передачи – простейший метод калибровки для измерения коэффициента передачи (S_{21} или S_{12}). Он требует измерения одной калибровочной меры перемычка (рисунок 5.8). По усмотрению пользователя может быть проведена калибровка развязки путем измерения двух мер нагрузка.



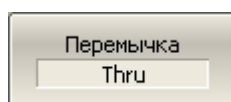
Перед калибровкой необходимо выполнить следующие предварительные установки анализатора: назначить активный канал, установить параметры канала (частотный диапазон, полосу ПЧ и другие), выбрать комплект калибровочных мер.



Для перехода к калибровке нормализации передачи – нажмите программные кнопки **Калибровка > Калибровать > Нормализация (перемычка)**.

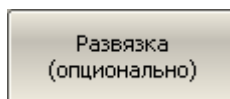


Выберите направление калибровки программной кнопкой **Выбрать порты**. Надпись на кнопке обозначает: номер порта приемника – номер порта источника (измеряемый параметр).



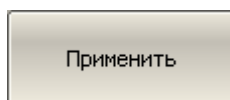
Присоедините калибровочную меру перемычки между измерительными портами. Если разъемы портов допускают непосредственное соединение – просто соедините их (перемычка с нулевой электрической длиной). Выполните измерение, нажав кнопку с обозначением класса меры **Перемычка**.

В строке статуса анализатора во время измерения индицируется сообщение «Калибровка...». По завершению измерения в левой части кнопки ставится отметка.



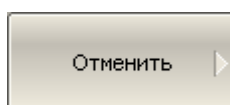
Если требуется провести не обязательную калибровку развязки – подключите к портам две меры нагрузки как показано на рисунке 5.8. Выполните измерение, нажав кнопку с обозначением **Развязка (опционально)**.

В строке статуса анализатора во время измерения индицируется сообщение «Калибровка...». По завершению измерения в левой части кнопки ставится отметка.



Для завершения калибровки – нажмите программную кнопку **Применить**.

По нажатию кнопки рассчитывается таблица калибровочных коэффициентов и сохраняется в памяти канала. Автоматически включается функция коррекции ошибок.



Если требуется отменить результаты измерения мер – нажмите программную кнопку **Отменить**.

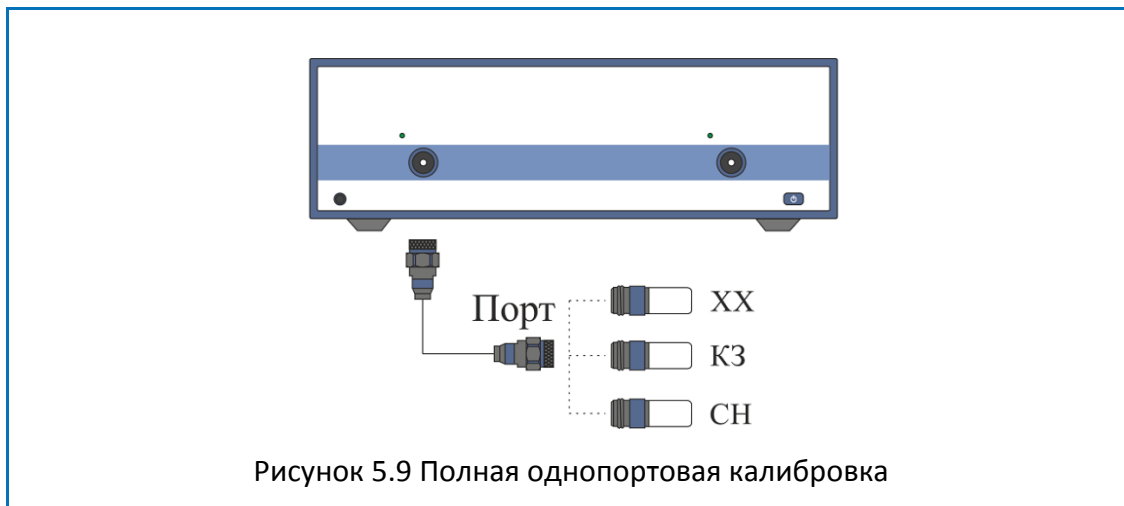
Данная кнопка не отменяет существующую калибровку. Если требуется отменить существующую калибровку – отключите коррекцию ошибок (раздел 5.2.15).

Примечание

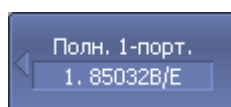
Проверить состояние калибровки можно в строке состояния канала (таблица 5.6) и в строке состояния графика (таблица 5.7).

5.2.4 Полная однопортовая калибровка

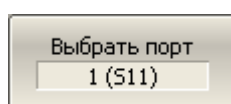
Полная однопортовая калибровка используется при измерении коэффициента отражения (S_{11} или S_{22}). Он требует измерения трех калибровочных мер КЗ, ХХ, нагрузка (рисунок 5.9).



Перед калибровкой необходимо выполнить следующие предварительные установки анализатора: назначить активный канал, установить параметры канала (частотный диапазон, полосу ПЧ и другие), выбрать комплект калибровочных мер.



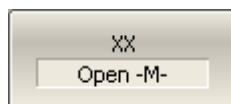
Для перехода к полной однопортовой калибровке – нажмите программные кнопки **Калибровка > Калибровать > Полн. 1–порт. калибровка.**



Выберите калибруемый порт программной кнопкой **Выбрать порт.** Надпись на кнопке переключает номер порта (измеряемый параметр).



Подключите к выбранному порту в любом порядке меры КЗ, ХХ, нагрузки как показано на рисунке 5.9. Выполните измерение, нажав кнопку с обозначением класса меры.



В строке статуса анализатора во время измерения индицируется сообщение «Калибровка...». По завершению измерения в левой части кнопки ставится отметка.



Кнопка с надписью "Применить" и тенью, расположенная в первом столбце таблицы.

Для завершения калибровки – нажмите программную кнопку **Применить**.

По нажатию кнопки рассчитывается таблица калибровочных коэффициентов и сохраняется в памяти канала. Автоматически включается функция коррекции ошибок.

Кнопка с надписью "Отменить" и тенью, расположенная во втором столбце таблицы.

Если требуется отменить результаты измерения мер – нажмите программную кнопку **Отменить**.

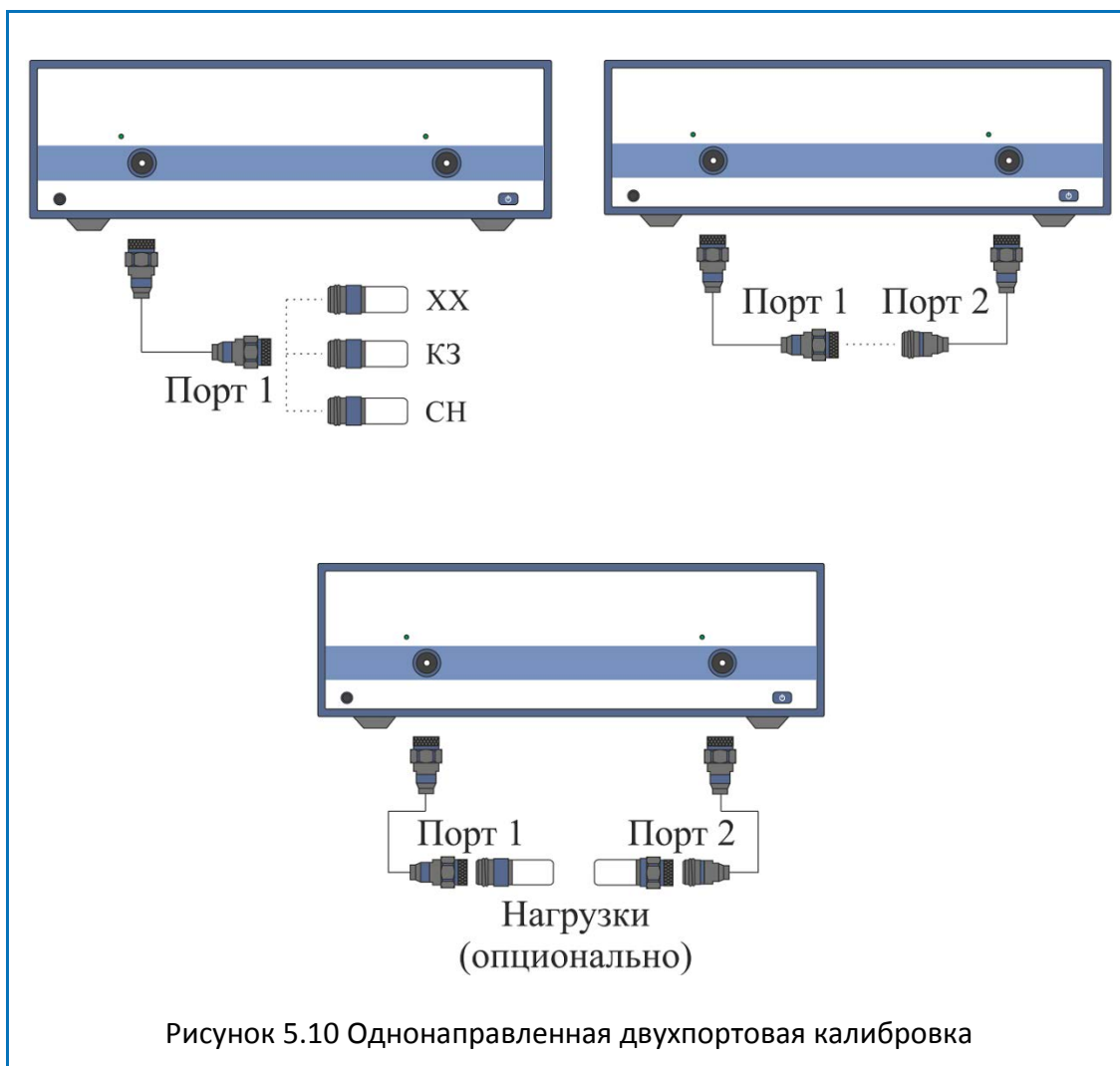
Данная кнопка не отменяет существующую калибровку. Если требуется отменить существующую калибровку – отключите коррекцию ошибок (раздел 5.2.15).

Примечание

Проверить состояние калибровки можно в строке состояния канала (таблица 5.6) и в строке состояния графика (таблица 5.7).

5.2.5 Однонаправленная двухпортовая калибровка

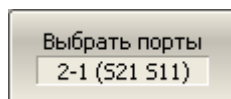
Однонаправленная двухпортовая калибровка используется в случае измерения параметров ИУ в одном направлении, например S_{11} и S_{21} . Она требует подключения трех мер к порту источника, плюс подключение меры – перемычка между этим калиброванным портом источника и вторым портом приемника (рисунок 5.10). По усмотрению пользователя может быть проведена калибровка развязки путем измерения двух мер нагрузки.



Перед калибровкой необходимо выполнить следующие предварительные установки анализатора: назначить активный канал, установить параметры канала (частотный диапазон, полосу ПЧ и другие), выбрать комплект калибровочных мер.

Однонап. 2-порт.
1. 85032B/E

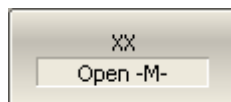
Для перехода к однонаправленной двухпортовой калибровке – нажмите программные кнопки **Калибровка > Калибровать > Однонапр. 2–порт. кал.**



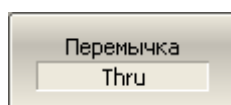
Выберите направление калибровки программной кнопкой **Выбрать порты**. Надпись на кнопке обозначает: номер порта приемника – номер порта источника (измеряемые параметры).



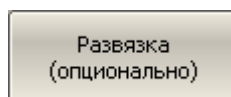
Подключите к порту источника в любом порядке меры КЗ, ХХ, нагрузки как показано на рисунке 5.10. Выполните измерение, нажав кнопку с обозначением класса меры.



Присоедините калибровочную меру перемычки между измерительными портами. Если разъемы портов допускают непосредственное соединение – просто соедините их (перемычка с нулевой электрической длиной). Выполните измерение, нажав кнопку с обозначением класса меры **Перемычка**.

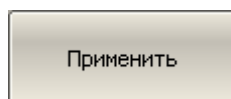


В строке статуса анализатора во время измерения индицируется сообщение «Калибровка...». По завершению измерения в левой части кнопки ставится отметка.



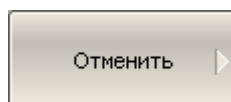
Если требуется провести не обязательную калибровку развязки – подключите к портам две нагрузки как показано на рисунке 5.10. Выполните измерение, нажав кнопку с обозначением **Развязка (опционально)**.

В строке статуса анализатора во время измерения индицируется сообщение «Калибровка...». По завершению измерения в левой части кнопки ставится отметка.



Для завершения калибровки – нажмите программную кнопку **Применить**.

По нажатию кнопки рассчитывается таблица калибровочных коэффициентов и сохраняется в памяти канала. Автоматически включается функция коррекции ошибок.



Если требуется отменить результаты измерения мер – нажмите программную кнопку **Отменить**.

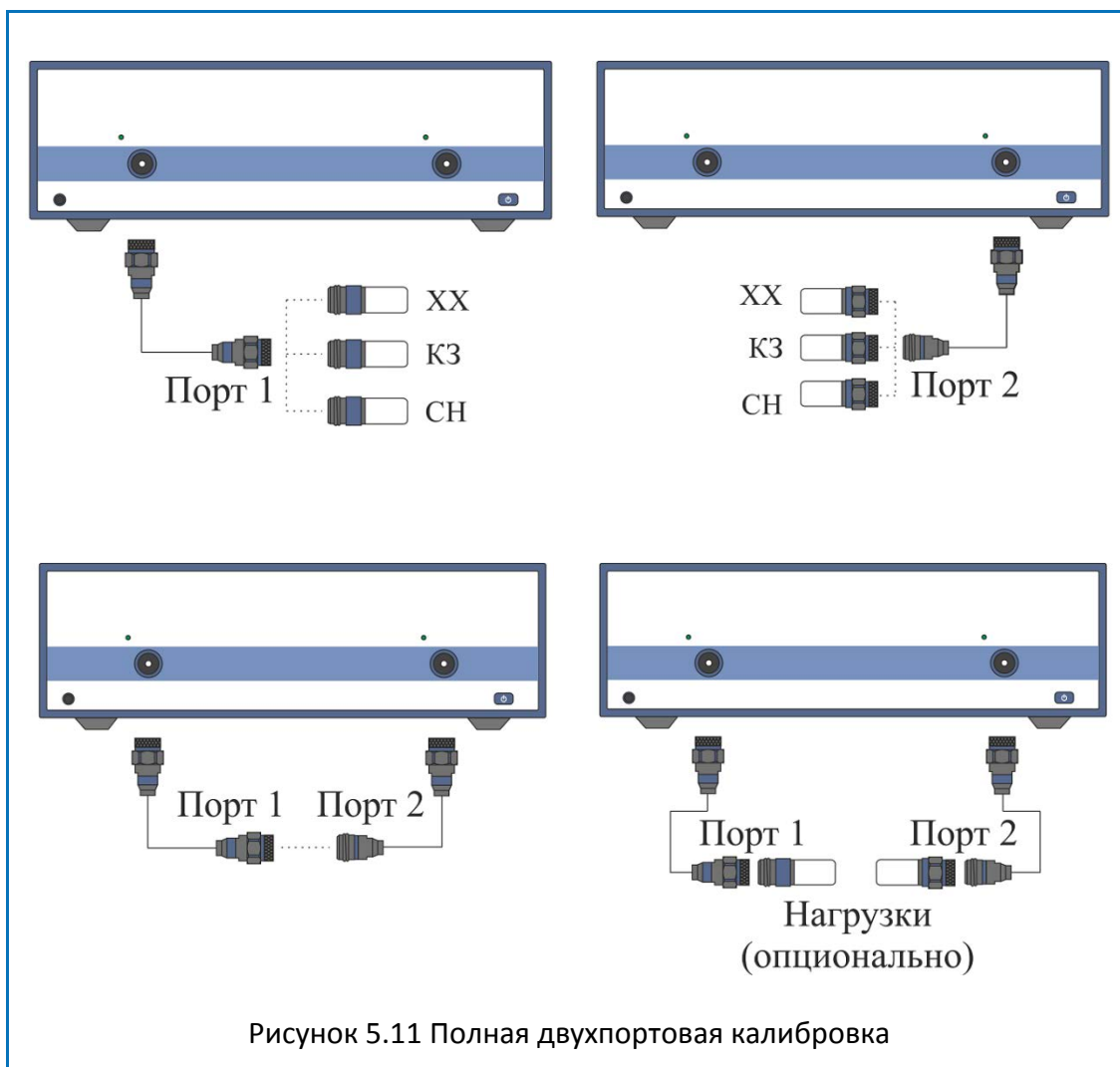
Данная кнопка не отменяет существующую калибровку. Если требуется отменить существующую калибровку – отключите коррекцию ошибок (раздел 5.2.15).

Примечание

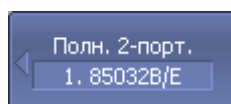
Проверить состояние калибровки можно в строке состояния канала (таблица 5.6) и в строке состояния графика (таблица 5.7).

5.2.6 Полная двухпортовая калибровка

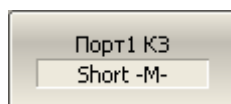
Полная двухпортовая калибровка совмещает однопортовые калибровки для каждого порта, плюс измерение передачи и отражения меры переключки в каждом направлении (рисунок 5.11). По усмотрению пользователя может быть проведена калибровка развязки путем измерения двух мер нагрузка.



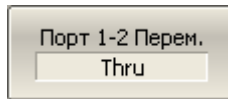
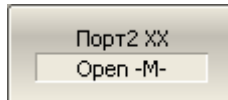
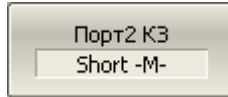
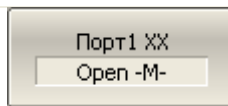
Перед калибровкой необходимо выполнить следующие предварительные установки анализатора: назначить активный канал, установить параметры канала (частотный диапазон, полосу ПЧ и другие), выбрать комплект калибровочных мер.



Для перехода к полной двухпортовой калибровке – нажмите программные кнопки **Калибровка > Калибровать > Полн. 2-порт. калибровка.**

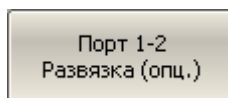


Подключите к портам 1 и 2 в любом порядке меры К3, XX, нагрузка как показано на рисунке 5.11. Выполните измерение, нажав кнопку с обозначением класса меры.



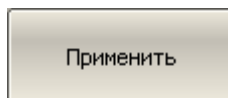
Присоедините калибровочную меру перемычки между измерительными портами. Если разъемы портов допускают непосредственное соединение – просто соедините их (перемычка с нулевой электрической длиной). Выполните измерение, нажав кнопку с обозначением **Порт 1-2 Перем.**

В строке статуса анализатора во время измерения индицируется сообщение «Калибровка...». По завершению измерения в левой части кнопки ставится отметка.



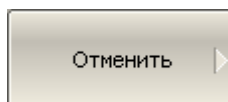
Если требуется провести не обязательную калибровку развязки – подключите к портам две нагрузки как показано на рисунке 5.11. Выполните измерение, нажав кнопку с обозначением **Порт 1-2 Развязка (опц.)**.

В строке статуса анализатора во время измерения индицируется сообщение «Калибровка...». По завершению измерения в левой части кнопки ставится отметка.



Для завершения калибровки – нажмите программную кнопку **Применить**.

По нажатию кнопки рассчитывается таблица калибровочных коэффициентов и сохраняется в памяти канала. Автоматически включается функция коррекции ошибок.



Если требуется отменить результаты измерения мер – нажмите программную кнопку **Отменить**.

Данная кнопка не отменяет существующую калибровку. Если требуется отменить существующую калибровку – отключите коррекцию ошибок (раздел 5.2.15).

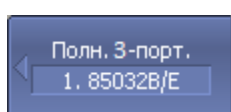
Примечание

Проверить состояние калибровки можно в строке состояния канала (таблица 5.6) и в строке состояния графика (таблица 5.7).

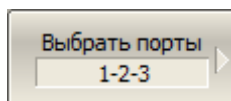
5.2.7 Полная трехпортовая калибровка

Полная трехпортовая калибровка совмещает однопортовые калибровки для каждого порта, плюс подключения меры перемычки к каждой паре портов для измерения передачи и отражения в каждом направлении. Одно из трех измерений меры перемычки может быть опущено (раздел 5.1.6.9) По усмотрению пользователя может быть проведена калибровка развязки путем измерения двух мер нагрузка для каждой пары портов.

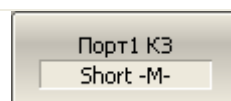
Перед калибровкой необходимо выполнить следующие предварительные установки анализатора: назначить активный канал, установить параметры канала (частотный диапазон, полосу ПЧ и другие), выбрать комплект калибровочных мер.



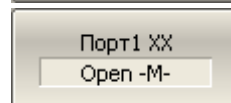
Для перехода к полной трехпортовой калибровке – нажмите программные кнопки **Калибровка > Калибровать > Полн. 3-порт. калибровка.**



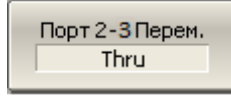
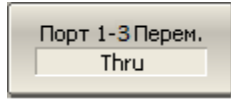
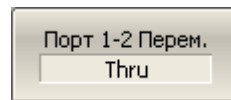
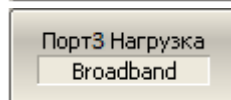
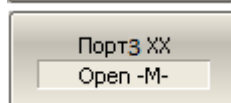
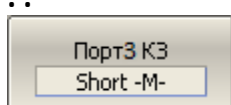
Для выбора портов нажмите программную кнопку **Выбрать порты.**



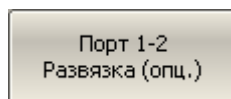
Подключите к портам 1, 2 и 3 в любом порядке меры КЗ, ХХ, нагрузка. Выполните измерение, нажав кнопку с обозначением класса меры.



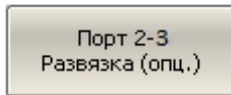
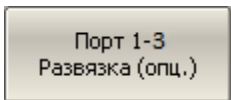
Присоедините калибровочную меру перемычки последовательно между каждой парой портов. Если разъемы портов допускают непосредственное соединение – просто соедините их (перемычка с нулевой электрической длиной). Выполните измерение, нажав кнопки с обозначением **Порт 1-2 Перем., Порт 1-3 Перем. и Порт 2-3 Перем.**



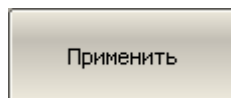
В строке статуса анализатора во время измерения индицируется сообщение «Калибровка...». По завершению измерения в левой части кнопки ставится отметка.



Если требуется провести не обязательную калибровку развязки – подключите последовательно к каждой паре портов нагрузки. Выполните измерение, нажав кнопки с обозначением **Порт 1-2 Развязка (опц.)**, **Порт 1-3 Развязка (опц.)** и **Порт 2-3 Развязка (опц.)**.

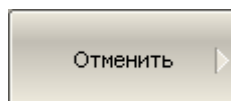


В строке статуса анализатора во время измерения индицируется сообщение «Калибровка...». По завершению измерения в левой части кнопки ставится отметка.



Для завершения калибровки – нажмите программную кнопку **Применить**.

По нажатию кнопки рассчитывается таблица калибровочных коэффициентов и сохраняется в памяти канала. Автоматически включается функция коррекции ошибок.



Если требуется отменить результаты измерения мер – нажмите программную кнопку **Отменить**.

Данная кнопка не отменяет существующую калибровку. Если требуется отменить существующую калибровку – отключите коррекцию ошибок (раздел 5.2.15).

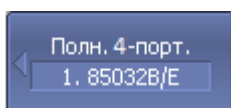
Примечание

Проверить состояние калибровки можно в строке состояния канала (таблица 5.6) и в строке состояния графика (таблица 5.7).

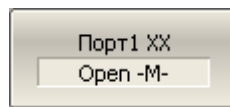
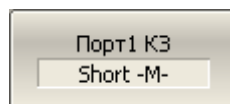
5.2.8 Полная четырехпортовая калибровка

Полная четырехпортовая калибровка совмещает однопортовые калибровки для каждого порта, плюс подключения меры перемычки к каждой паре портов для измерения передачи и отражения в каждом направлении. До трех из шести измерений меры перемычки могут быть опущены (раздел 5.1.6.9) По усмотрению пользователя может быть проведена калибровка развязки путем измерения двух мер нагрузка для каждой пары портов.

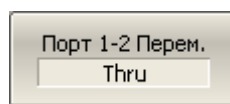
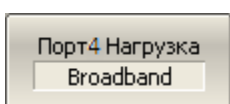
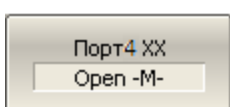
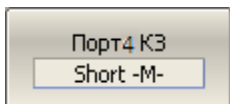
Перед калибровкой необходимо выполнить следующие предварительные установки анализатора: назначить активный канал, установить параметры канала (частотный диапазон, полосу ПЧ и другие), выбрать комплект калибровочных мер.



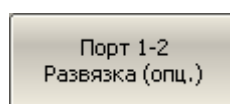
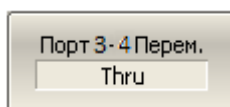
Для перехода к полной четырехпортовой калибровке – нажмите программные кнопки **Калибровка > Калибровать > Полн. 4–порт. калибровка**.



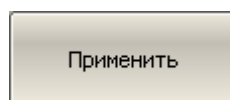
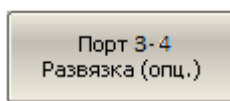
...



...



...



Подключите к портам в любом порядке меры КЗ, XX, нагрузка. Выполните измерение, нажав кнопку с обозначением класса меры.

Присоедините калибровочную меру перемычки последовательно между каждой парой портов. Если разъемы портов допускают непосредственное соединение – просто соедините их (перемычка с нулевой электрической длиной). Выполните измерение, нажав кнопки с обозначением **Порт 1-2 Перем.**, **Порт 1-3 Перем.**, **Порт 1-4 Перем.**, **Порт 2-3 Перем.**, **Порт 2-4 Перем.** и **Порт 3-4 Перем.**

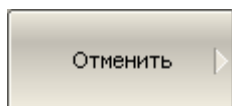
В строке статуса анализатора во время измерения индицируется сообщение «Калибровка...». По завершению измерения в левой части кнопки ставится отметка.

Если требуется провести не обязательную калибровку развязки – подключите последовательно к каждой паре портов нагрузки. Выполните измерение, нажав кнопки с обозначением **Порт 1-2 Развязка (опц.)**, **Порт 1-3 Развязка (опц.)**, **Порт 1-4 Развязка (опц.)**, **Порт 2-3 Развязка (опц.)**, **Порт 2-4 Развязка (опц.)** и **Порт 3-4 Развязка (опц.)**.

В строке статуса анализатора во время измерения индицируется сообщение «Калибровка...». По завершению измерения в левой части кнопки ставится отметка.

Для завершения калибровки – нажмите программную кнопку **Применить**.

По нажатию кнопки рассчитывается таблица калибровочных коэффициентов и сохраняется в памяти канала. Автоматически включается функция коррекции ошибок.



Если требуется отменить результаты измерения мер – нажмите программную кнопку **Отменить**.

Данная кнопка не отменяет существующую калибровку. Если требуется отменить существующую калибровку – отключите коррекцию ошибок (раздел 5.2.15).

Примечание

Проверить состояние калибровки можно в строке состояния канала (таблица 5.6) и в строке состояния графика (таблица 5.7).

5.2.9 Калибровка с неизвестной перемычкой

Порядок проведения калибровки с неизвестной перемычкой не отличается от порядка проведения полной двух- трех- четырехпортовой калибровки, описанного в предыдущем разделе.

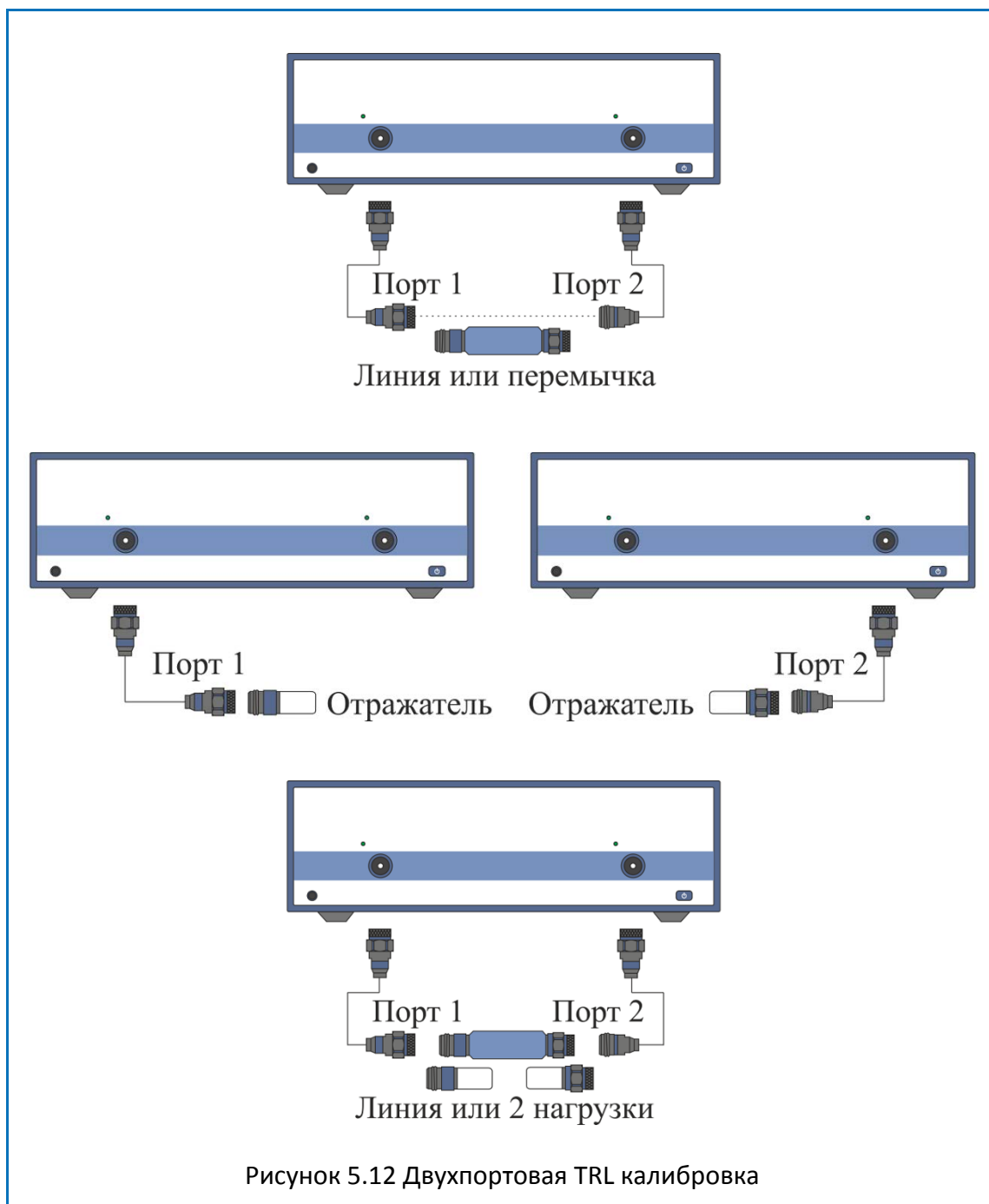
Для осуществления калибровки с неизвестной перемычкой необходимо предварительно внести в описание набора калибровочных мер неизвестную перемычку и назначить ей класс. В результате в меню двухпортовой калибровки станет доступна кнопка измерения неизвестной перемычки.

Порядок внесения определения новой калибровочной меры в набор калибровочных мер описан в разделе 5.3.3. При добавлении калибровочной меры неизвестная перемычка необходимо указать всего два параметра: тип меры "неизвестная перемычка" и примерную задержку распространения в одном направлении. Причем последний параметр может быть указан как ноль для его автоматического определения во время калибровки (раздел 5.1.6.11).

Порядок назначения классов калибровочных мер описан в разделе 5.3.4. Вновь добавленную меру неизвестная перемычка необходимо поместить в класс "Перемычка, порт 1-2".

5.2.10 Двухпортовая TRL калибровка

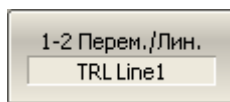
Двухпортовая TRL калибровка является наиболее точным методом калибровки при выполнении двухпортовых измерений (рисунок 5.12).



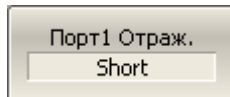
Перед калибровкой необходимо выполнить следующие предварительные установки анализатора: назначить активный канал, установить параметры канала (частотный диапазон, полосу ПЧ и другие), выбрать комплект калибровочных мер.



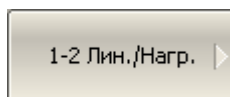
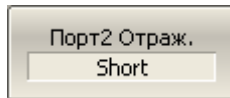
Для перехода к TRL калибровке – нажмите программные кнопки **Калибровка > Калибровать > 2–порт. TRL калибровка.**



Присоедините калибровочную меру TRL-перемычка (перемычка или линия) между измерительными портами. Выполните измерение, нажав кнопку с обозначением **1-2 Перем./Лин.**

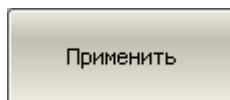


Подключите к портам 1 и 2 в любом порядке меру TRL-отражатель. Выполните измерение, нажав кнопки **Порт1 Отраж.** и **Порт2 Отраж.**



Присоедините калибровочную меру TRL-линия/нагрузка (линию между измерительными портами или 2 нагрузки к каждому порту). Выполните измерение, нажав кнопку с обозначением **1-2 Лин./Нагр.**

В строке статуса анализатора во время измерения индицируется сообщение «Калибровка...». По завершению измерения в левой части кнопки ставится отметка.

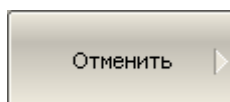


Для завершения калибровки – нажмите программную кнопку **Применить.**

По нажатию кнопки рассчитывается таблица калибровочных коэффициентов и сохраняется в памяти канала. Автоматически включается функция коррекции ошибок.

Примечание

При завершении TRL калибровки по нажатию кнопки **Применить**, автоматически отключается системная коррекция (см. раздел 8.4).



Если требуется отменить результаты измерения мер – нажмите программную кнопку **Отменить.**

Данная кнопка не отменяет существующую калибровку. Если требуется отменить существующую калибровку – отключите коррекцию ошибок (раздел 5.2.15).

Примечание

Проверить состояние калибровки можно в строке состояния канала (таблица 5.6) и в строке состояния графика (таблица 5.7).

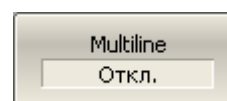
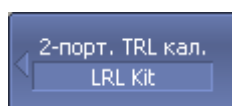
5.2.10.1 Multiline опция TRL калибровки

Порядок проведения Multiline TRL калибровки не отличается от порядка проведения TRLкалибровки, описанного в предыдущем разделе. Число применяемых линий различной длины при этом должно быть не менее 3-х.

Предварительно пользователем должен быть создан и отредактирован комплект калибровочных мер для Multiline TRL калибровки. Особенности заполнения данных как для обычной так и для Multiline TRL калибровки приведен в разделе 5.1.6.13.

Переключение между обычной и Multiline TRL калибровками осуществляется при помощи соответствующей кнопки в меню TRL-калибровки.

Переключение между обычной и Multiline TRL калибровками осуществляется при помощи соответствующей кнопки в меню TRL-калибровки.



5.2.11 Трехпортовая TRL калибровка

Трехпортовая TRL калибровка является наиболее точным методом калибровки при выполнении трехпортовых измерений. Она совмещает двухпортовые TRL калибровки каждой пары портов. При упрощенной трехпортовой TRL калибровке одна из трех двухпортовых TRL калибровок может быть опущена.

Перед калибровкой необходимо выполнить следующие предварительные установки анализатора: назначить активный канал, установить параметры канала (частотный диапазон, полосу ПЧ и другие), выбрать комплект калибровочных мер.

Порядок проведения и последовательность нажатия программных кнопок аналогичны выполнению двухпортовой TRL калибровки, описанной в разделе 5.2.10.

5.2.12 Четырехпортовая TRL калибровка

Четырехпортовая TRL калибровка является наиболее точным методом калибровки при выполнении четырехпортовых измерений. Она совмещает двухпортовые TRL калибровки каждой пары портов.

Существуют два метода упрощенной четырехпортовой TRL калибровки:

1. Упрощенная четырехпортовая TRL калибровка совмещает три и более двухпортовые TRL калибровки. Для топологии выполнения двухпортовых TRL калибровок «звезда» требуются три калибровки, например портов 1-2, 1-3, 1-4, в обратном случае необходимо минимум четыре двухпортовые TRL калибровки.
2. Упрощенная четырехпортовая TRL калибровка совмещает две двухпортовые TRL калибровки и два измерения меры перемычки. Двухпортовые TRL калибровки выполняются для несмежных пар портов, например 1-2 и 3-4. Измерения меры перемычки выполняются для любых двух из оставшихся пар портов, например 1-3, 1-4. В целях повышения точности калибровки могут быть выполнены до четырех измерений меры перемычки.

Перед калибровкой необходимо выполнить следующие предварительные установки анализатора: назначить активный канал, установить параметры канала (частотный диапазон, полосу ПЧ и другие), выбрать комплект калибровочных мер.

Порядок проведения и последовательность нажатия программных кнопок аналогичны выполнению двухпортовой TRL калибровки, описанной в разделе 5.2.10.

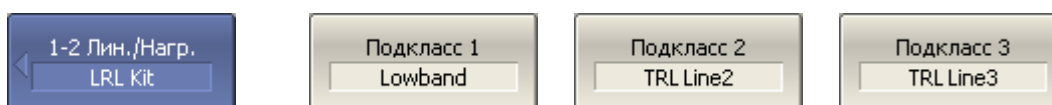
5.2.13 Использование подклассов в калибровке

При использовании для калибровки нескольких мер одного класса, им должны быть назначены подклассы с помощью редактора комплектов калибровочных мер. Порядок назначения подклассов описан в разделе 5.3.4.

При назначении двух и более подклассов для одного класса мер, программная кнопка измерения меры заменяется кнопкой перехода в меню подклассов, который содержит список всех мер данного класса.

Дальнейшее описание данного раздела построено на примере комплекта калибровочных мер для TRL калибровки, в котором в классе "TRL линия/нагрузка" назначены подклассы для трех мер: нагрузка (Lowband) , линия 2 (TRLLine 2) и линия 3 (TRLLine 3).

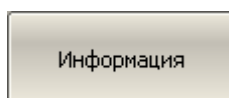
В основном меню TRL калибровки кнопка обозначением 1-2 Лин./Нагр. вызывает переход в меню подклассов (если выполняется указанное выше условие).



Подключите к портам в любом порядке меры нагрузка, линия 2, линия 3 и выполните измерение, нажав кнопки с наименованием мер.

Если диапазоны частот двух мер пересекаются, то в диапазоне пересечения, используются измерения меры, которая была измерена последней.

Для дополнительной информации о диапазоне частот каждой меры, в котором учитываются ее измерения при калибровке (рисунок 5.13) – нажмите программную кнопку **Информация**.



1-2 Лин./Нагр.	Используется в вычислениях	Наименование меры	Применяется к диапазону	
			Fmin	Fmax
Подкласс 1	<input checked="" type="checkbox"/>	Lowband	300 КГц	680.2745 МГц
Подкласс 2	<input checked="" type="checkbox"/>	TRL Line2	3.600165 ГГц	8 ГГц
Подкласс 3	<input checked="" type="checkbox"/>	TRL Line3	720.273 МГц	3.5601665 ГГц
Подкласс 4	<input type="checkbox"/>			
Подкласс 5	<input type="checkbox"/>			
Подкласс 6	<input type="checkbox"/>			
Подкласс 7	<input type="checkbox"/>			

Рисунок 5.13 Информация о измерениях калибровочных мер

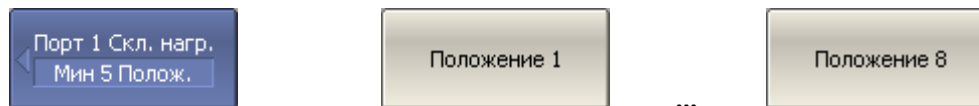
5.2.14 Использование скользящей нагрузки в калибровке

Скользящая нагрузка может быть использована вместо фиксированной нагрузки в полной однопортовой и двухпортовой калибровках.

Если комплект калибровочных мер содержит скользящую нагрузку – то программная кнопка измерения нагрузки в меню калибровки заменяется кнопкой перехода на дополнительный уровень меню, который содержит логику калибровки скользящей нагрузки.

Калибровка скользящей нагрузкой включает серию измерений в нескольких положениях подвижного элемента. Минимальное количество измерений – 5, максимальное количество измерений – 8.

В основном меню однопортовой или двухпортовой калибровки кнопка обозначением **Нагрузка** вызывает переход в меню скользящей нагрузки (если выполняется указанное выше условие).



Подключите к выбранному порту скользящую нагрузку и выполните серию измерений в различных положениях подвижного элемента, нажав кнопки **Положение 1**, **Положение 2 ... Положение 8**.

Примечание

Скользящая нагрузка имеет нижнюю граничную частоту. Поэтому для калибровки в полном частотном диапазоне используют две нагрузки: фиксированную нагрузку в нижнем диапазоне частот, скользящую нагрузку в верхнем диапазоне частот (смотри раздел 5.2.13).

5.2.15 Отключение коррекции ошибок

Функция позволяет отключать коррекцию ошибок, которая автоматически включается после завершения любого метода калибровки.

Для отключения и повторного включения коррекции ошибок – нажмите программные кнопки **Калибровка > Коррекция**.



5.2.16 Проверка состояния коррекции ошибок

Состояние коррекции ошибок индицируется для каждого графика, отдельно индицируется обобщенный статус коррекции ошибок для всех графиков канала.

Обобщенный статус коррекции ошибок для всех графиков S-параметров канала индицируется в специальном поле в строке состояния канала (таблица 5.6). Описание строки состояния канала смотри в разделе 2.5.6.

Таблица 5.6 Обобщенный статус коррекции ошибок

Символы	Значение	Примечание
Кор	Выполняется коррекция ошибок, установки стимула соответствуют калибровке.	Черные символы на сером фоне – для всех графиков. Белые символы на красном фоне – для части графиков (другая часть графиков не калибрована).
К?	Выполняется коррекция ошибок, установки стимула не соответствуют калибровке. Используется интерполяция.	
К!	Выполняется коррекция ошибок, установки стимула не соответствуют калибровке. Используется экстраполяция.	
Отк	Коррекция ошибок отключена.	Для всех графиков. Цвет символов – белый на красном фоне.
---	Нет калибровочной информации. Калибровка не проводилась.	

Состояние коррекции ошибок для каждого графика в отдельности отражается в строке состояния графика (таблица 5.7). Описание строки состояния графика смотри в разделе 2.5.2.

Таблица 5.7 Статус коррекции ошибок графика

Символы	Значение
RO	Нормализация отражения мерой ХХ
RS	Нормализация отражения мерой КЗ
RT	Нормализация передачи перемычкой
OP	Однонаправленная двухпортовая калибровка
F1	Полная однопортовая калибровка
F2	Полная двухпортовая или TRL калибровка

5.2.17 Установка системного сопротивления Z_0

Системное сопротивление Z_0 – это волновое сопротивление измерительного тракта. Обычно оно совпадает с волновым сопротивлением используемых при калибровке

калибровочных мер. Величина Z_0 должна быть установлена до калибровки, так как она используется при расчете калибровочных коэффициентов.

В волноводном тракте системное сопротивление анализатора Z_0 было установлено равным 1Ω .

Для ввода системного сопротивления Z_0 – нажмите программные кнопки **Калибровка** > **Системное Z_0** .



Примечание Выбор комплекта калибровочных мер автоматически устанавливает величину Z_0 из определения комплекта.

5.2.18 Функция удлинения портов

Функция удлинения портов позволяет исключить из результатов измерения согласованную длинную линию с потерями или без потерь. Таким образом, функция "виртуально" удлиняет порт, перенося плоскость калибровки на длину линии. Параметры линии задаются пользователем отдельно для каждого порта (рисунок 5.14).



Рисунок 5.14 Удлинение портов

При исключении линии без потерь из результатов измерения компенсируется набег фазы, вызванный электрической длиной линии:

$$e^{j \cdot 2\pi \cdot f \cdot t},$$

где f —частота, Гц,

t – электрическая задержка, сек.

Функция исключения линии без потерь аналогична функции установки электрической задержки для графика (раздел 4.6.7), но в отличие о нее действует на все графики измерений канала, компенсируя длину линии при измерении передачи, и двойную длину – при измерении отражения.

Для исключения линии с потерями используются следующие методы задания потерь, в одной, двух или трех частотных точках:

1. Частотно–независимые потери на нулевой частоте L_0 :

$$L(f) = L_0;$$

2. Частотно–зависимые потери, заданные величиной потерь в двух точках: L_0 на нулевой частоте, и L_1 на частоте F_1 :

$$L(f) = L_0 + (L_1 - L_0) \sqrt{\frac{f}{F_1}};$$

3. Частотно–зависимые потери, заданные величиной потерь в трех точках: L_0 на нулевой частоте, L_1 на частоте F_1 , и L_2 на частоте F_2 :

$$L(f) = L_0 + (L_1 - L_0) \left(\frac{f}{F_1} \right)^n,$$

$$n = \frac{\log \left| \frac{L_1}{L_2} \right|}{\log \frac{F_1}{F_2}}.$$

5.3 Редактирование комплектов мер

Данный раздел описывает, как вносить изменения в определение комплектов мер, добавлять или удалять комплекты мер.

Анализатор содержит таблицу на 50 различных комплектов калибровочных мер. Первая часть таблицы содержит predetermined комплекты калибровочных мер. Вторая часть таблицы служит для ввода пользовательских комплектов мер.

Внесение изменений в predetermined комплекты мер может потребоваться в следующих случаях:

- Изменение назначения мер портам для обеспечения соответствия типа разъема (вилка, гнездо);
- Дополнение комплекта мер пользовательской мерой, например, перемычкой с ненулевой длиной;
- Уточнение параметров мер для повышения точности калибровки.

Ввод пользовательских комплектов мер необходим в случае отсутствия комплекта калибровочных мер в списке predetermined.

Удаление комплектов мер возможно только для пользовательских комплектов мер.

Любые изменения комплектов мер автоматически сохраняются в постоянной памяти анализатора. Для сохранения изменений не требуется нажатия специальной кнопки "сохранить".

Примечание

Изменения predetermined комплектов мер в любой момент можно отменить, вернув его в исходное состояние.

5.3.1 Таблица комплектов мер

Таблица комплектов калибровочных мер (рисунок 5.15) служит для выбора и редактирования комплектов мер.

	Наименование	Описание	Выбрать	Предопред.	Изменен	Число мер
1	85032B/E	Type-N 50Ω 6GHz Cal Kit (Agilent)	<input checked="" type="checkbox"/>	Да	Нет	6
2	85032F	Type-N 50Ω 9GHz Cal Kit (Agilent)	<input type="checkbox"/>	Да	Нет	8
3	85054D	Type-N 50Ω 18GHz Cal Kit (Agilent)	<input type="checkbox"/>	Да	Нет	6
4	85054B	Type-N 50Ω 18GHz Cal Kit with Sliding Load (Agilent)	<input type="checkbox"/>	Да	Нет	8
5	05CK10A-150	Type-N 50Ω 18GHz Cal Kit (Rosenberger)	<input type="checkbox"/>	Да	Нет	6
6	8850Q	Type-N 50Ω 18GHz Cal Kit (Maurly Microwave)	<input type="checkbox"/>	Да	Нет	6
7	85033D/E	3.5 mm 6GHz/9GHz Cal Kit (Agilent)	<input type="checkbox"/>	Да	Нет	6
8	85052B	3.5 mm 26.5GHz Cal Kit with Sliding Load (Agilent)	<input type="checkbox"/>	Да	Нет	10
9	85052C	3.5 mm 26.5GHz SOLT/TRL Cal Kit (Agilent)	<input type="checkbox"/>	Да	Нет	10

Рисунок 5.15 Таблица комплектов калибровочных мер

Для перехода к таблице комплектов калибровочных мер нажмите программные кнопки **Калибровка > Комплект мер**.



Выбор для калибровки комплекта мер осуществляется галочкой в поле "выбрать" (раздел 5.2.1).

Выбор для редактирования комплекта мер осуществляется выделением цветом строки в таблице комплектов мер.

Редактирование комплектов калибровочных мер включает две основных процедуры: определение калибровочных мер и назначение классов калибровочных мер. Сначала должна быть выполнена процедура определения калибровочных мер, а затем процедура назначения классов калибровочных мер. Определение калибровочных мер и назначение им классов производится в отдельных таблицах.

В таблице комплектов мер можно редактировать наименование и описание комплекта. Наименование появляется на кнопках меню калибровки. Описание служит для информации пользователя.

В таблице содержатся также не редактируемые информационные поля: признаки предопределенного и измененного комплекта мер и счетчик мер в комплекте.

5.3.1.1 Выбор комплекта мер для редактирования

В таблице комплектов мер (рисунок 5.15) переместите выделение на нужную строку стрелками "вверх" и "вниз".

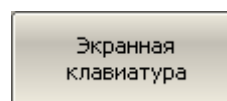
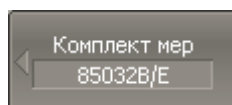
Примечание

Галочка "выбрать" не играет роли при выборе комплекта для редактирования, она служит для выбора комплекта мер при калибровке.

5.3.1.2 Редактирование наименования и описания комплекта мер

В таблице комплектов мер (рисунок 5.15) переместите выделение на соответствующее поле стрелками "вправо" и "влево" и нажмите **«Enter»**. Затем введите новый текст в таблицу.

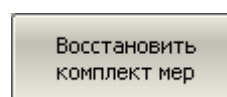
Для вызова вспомогательной экранной клавиатуры – нажмите программную кнопку **Экранная клавиатура**.



5.3.1.3 Отмена изменений предопределенных комплектов мер

В таблице комплектов мер (рисунок 5.15) переместите выделение на нужную строку.

Для отмены изменений предопределенного комплекта мер – нажмите программную кнопку **Восстановить комплект мер**.



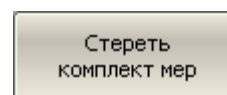
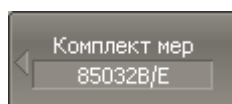
Примечание

Восстановить можно комплекты, для которых установлен признак "Да" в поле "предопределен" и "изменен".

5.3.1.4 Удаление пользовательских комплектов мер

В таблице комплектов мер (рисунок 5.15) переместите выделение на нужную строку.

Для удаления из таблицы пользовательского комплекта мер – нажмите программную кнопку **Стереть комплект мер**.



Примечание

Удалить можно комплекты, для которых установлен признак "Нет" в поле "предопределен".

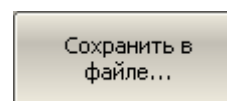
5.3.1.5 Сохранение комплектов мер в файле

Сохранение комплекта мер в файле предназначено для копирования комплекта мер в другую строку таблицы или для переноса файла между анализаторами.

Данная команда не требуется для сохранения изменений, вносимых пользователем в определение комплекта мер, так как они сохраняются автоматически.

В таблице комплектов мер (рисунок 5.15) переместите выделение на нужную строку.

Для сохранения комплекта мер в файле – нажмите программную кнопку **Сохранить в файле...**

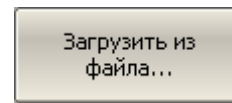
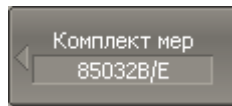


5.3.1.6 Загрузка комплектов мер из файла

Загрузка комплекта мер осуществляется из файла, сохраненного с помощью предыдущей команды.

В таблице комплектов мер (рисунок 5.15) переместите выделение на нужную строку.

Для загрузки комплекта мер из файла – нажмите программную кнопку **Загрузить из файла...**



5.3.2 Определение калибровочных мер

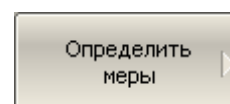
Таблица определения калибровочных мер (рисунок 5.16) содержит список всех мер одного комплекта калибровочных мер. Для мер, определенных моделью, таблица содержит параметры модели. Для мер, определенных данными, параметры модели не заполняются, а S-параметры таких мер содержатся в отдельной таблице (раздел 5.3.3).

№	Мера		Частота		Смещение		
	Тип	Наименование	Min	Max	Задержка	Z0	Потери
2	XX	Open -M-	0 Гц	999 ГГц	17.411 пс	50 Ω	700 МΩ/с
5	XX	Open -F-	0 Гц	999 ГГц	0 с	50 Ω	700 МΩ/с
3	КЗ	Short -M-	0 Гц	999 ГГц	17.817 пс	50.209 Ω	2.1002 ГΩ/с
6	КЗ	Short -F-	0 Гц	999 ГГц	93 фс	49.992 Ω	700 МΩ/с
1	Нагрузка	Broadband	0 Гц	999 ГГц	0 с	50 Ω	700 МΩ/с
7	Прич/Линия	Thru	0 Гц	999 ГГц	0 с	50 Ω	700 МΩ/с

Импеданс нагрузки	$C0 \cdot 10^{-15} F$	$C1 \cdot 10^{-27} F/Hz$	$C2 \cdot 10^{-36} F/Hz^2$	$C3 \cdot 10^{-45} F/Hz^3$
	$L0 \cdot 10^{-12} H$	$L1 \cdot 10^{-24} H/Hz$	$L2 \cdot 10^{-33} H/Hz^2$	$L3 \cdot 10^{-42} H/Hz^3$
	62.14	-143.07	82.92	0.76
	119.09	-36.955	26.258	5.5136
	0	0	0	0
	0	0	0	0
50 Ω				

Рисунок 5.16 Таблица определения калибровочных мер

Для перехода к таблице определения калибровочных мер нажмите программные кнопки **Калибровка > Комплект мер > Определить меры.**



5.3.2.1 Добавление меры

Для добавления меры в таблицу определения калибровочных мер (рисунок 5.16) – нажмите программную кнопку **Добавить меру**.



5.3.2.2 Удаление меры

Для удаления меры из таблицы определения калибровочных мер (рисунок 5.16) – нажмите программную кнопку **Удалить меру**.



5.3.2.3 Редактирование параметров меры

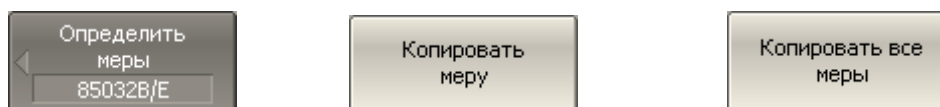
Перемещаясь по таблице определения калибровочных мер (рисунок 5.16) с помощью клавиш навигации, введите значения параметров калибровочной меры:

N° меры	Номер калибровочной меры, указанный в документации на комплект калибровочных мер (для информации только).
Тип меры	Выбирает тип меры: <ul style="list-style-type: none"> • ХХ; • КЗ; • Нагрузка; • Перемычка/линия; • Неизвестная перемычка; • Скользящая нагрузка; • Табличные данные.

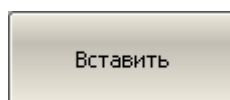
Наименование меры	Наименование меры, которое указывается на кнопках меню калибровки.
Частота min.	Значение минимальной рабочей частоты меры
Частота max.	Значение максимальной рабочей частоты меры
Задержка смещения	Значение задержки смещения в одном направлении (с).
Z0 смещения	Значение волнового сопротивления смещения (Ω).
Потери смещения	Значение потерь смещения ($\Omega/с$).
Импеданс нагрузки	Значение сопротивления сосредоточенной нагрузки (Ω).
$C_0 10^{-15} F$	Для меры ХХ значение коэффициента C_0 полиномиальной формулы краевой емкости: $C = C_0 + C_1 f + C_2 f^2 + C_3 f^3.$
$C_1 10^{-27} F/Hz$	Для меры ХХ значение коэффициента C_1 полиномиальной формулы краевой емкости.
$C_2 10^{-36} F/Hz^2$	Для меры ХХ значение коэффициента C_2 полиномиальной формулы краевой емкости.
$C_3 10^{-45} F/Hz^3$	Для меры ХХ значение коэффициента C_3 полиномиальной формулы краевой емкости.
$L_0 10^{-12} H$	Для меры КЗ значение коэффициента L_0 полиномиальной формулы паразитной индуктивности: $L = L_0 + L_1 f + L_2 f^2 + L_3 f^3.$
$L_1 10^{-24} H/Hz$	Для меры КЗ значение коэффициента L_1 полиномиальной формулы паразитной индуктивности.
$L_2 10^{-33} H/Hz^2$	Для меры КЗ значение коэффициента L_2 полиномиальной формулы паразитной индуктивности.
$L_3 10^{-42} H/Hz^3$	Для меры КЗ значение коэффициента L_3 полиномиальной формулы паразитной индуктивности.

5.3.2.4 Копирование/вставка мер

Для копирования меры во внутренний буфер – переместите выделение на нужную строку в таблице определения калибровочных мер (рисунок 5.16) и нажмите программную кнопку **Копировать меру** или **Копировать все меры**.

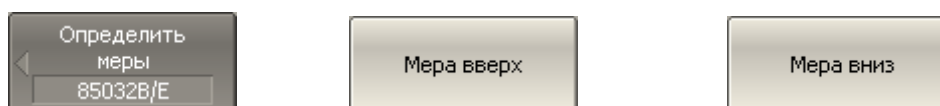


Для вставки меры (мер) из внутреннего буфера –нажмите программную кнопку **Вставить**.



5.3.2.5 Изменение порядка мер в таблице

Для изменения порядка меры в таблице – нажмите программную кнопку **Мера вверх** или **Мера вниз**.



5.3.3 Таблица S-параметров калибровочных мер

Таблица S-параметров калибровочных мер (рисунок 5.17) служит для ввода и редактирования S-параметров калибровочных мер с типом "Табличные данные".

	Частота	MLog(S11)	Arg(S11)	MLog(S21)
1	300 кГц	-68.9909943 дБ	-48.1105587 °	-0.009139282 дБ
2	8.2997 МГц	-54.2374114 дБ	32.4935504 °	-0.022757809 дБ
3	16.2994 МГц	-51.6222527 дБ	24.7392363 °	-0.0280713896 дБ
4	24.2991 МГц	-50.3328708 дБ	16.1596642 °	-0.0319002951 дБ
5	32.2988 МГц	-49.6650849 дБ	6.70823194 °	-0.0347280006 дБ
6	40.2985 МГц	-49.452679 дБ	-3.56600003 °	-0.0381160104 дБ
7	48.2982 МГц	-49.6655896 дБ	-14.7300543 °	-0.0424171271 дБ
8	56.2979 МГц	-50.2889795 дБ	-26.975221 °	-0.0462277687 дБ
9	64.2976 МГц	-51.2632964 дБ	-40.3702331 °	-0.0491003628 дБ

Рисунок 5.17 Таблица S-параметров калибровочных мер

Для перехода к таблице S-параметров калибровочных мер – переместите выделение на нужную строку в таблице определения калибровочных мер (рисунок 5.17) и нажмите программную кнопку **Определить табл. данные**.

**Примечание**

Программная кнопка **Определить табл. данные** недоступна, если тип меры не "Табличные данные".

Вид таблицы различается для одно- и двухпортовых мер. Для однопортовых мер таблица содержит один параметр – S_{11} . Для двухпортовых мер таблица содержит четыре параметра – $S_{11}, S_{21}, S_{12}, S_{22}$. Вид таблицы определяется перед ее заполнением: если данные вводятся из файла – то форматом файла Touchstone (s1p или s2p), если данные вводятся вручную – то пользователь будет дополнительно спрошен об этом.

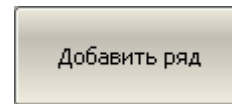
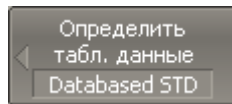
Данные в таблице могут быть представлены в трех форматах по выбору пользователя:

- действительная и мнимая часть;
- линейная амплитуда и фаза в градусах;
- логарифмическая амплитуда в децибелах и фаза в градусах.

При калибровке для двухпортовых мер действует следующее правило: мера считается подключенной портом 1 (S_{11}) к порту анализатора с меньшим номером, а портом 2 (S_{22}) к порту анализатора с большим номером. Если требуется "перевернуть" двухпортовую меру, то для этого служит функция "реверс портов".

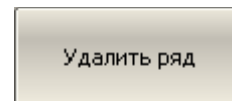
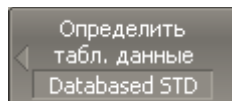
5.3.3.1 Добавление строки таблицы

Для добавления строки в таблицу S-параметров калибровочных мер (рисунок 5.17) – нажмите программную кнопку **Добавить ряд**.



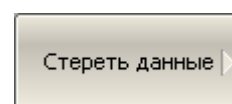
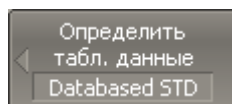
5.3.3.2 Удаление строки таблицы

Для удаления строки из таблицы S-параметров калибровочных мер (рисунок 5.17) – нажмите программную кнопку **Удалить ряд**.



5.3.3.3 Стирание таблицы

Для удаления всех данных из таблицы S-параметров калибровочных мер (рисунок 5.17) – нажмите программную кнопку **Стереть данные**.



5.3.3.4 Выбор формата таблицы

Для выбора формата таблицы S-параметров калибровочных мер (рисунок 5.17) – нажмите программные кнопки **Формат > Реал/Мним | Ампл/Угол | Ампл.лог/Угол.**



5.3.3.5 Реверс портов

Для реверса/отмены реверса портов двухпортовых мер – нажмите программную кнопку **Реверс портов.**



5.3.3.6 Загрузка данных из файла

Для загрузки данных из файла Touchstone– нажмите программную кнопку **Загрузить из файла Touchstone...**



Выберите тип файла в открывшемся диалоге (s1p или s2p) и укажите имя файла.

5.3.4 Назначение классов калибровочных мер

Назначение классов калибровочных мер выбранного комплекта мер производится в таблице классов (рисунок 5.18).

Наименования мер заносится в ячейки таблицы путем выбора из списка мер комплекта.

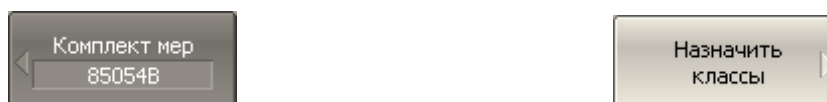
Каждая строка таблицы соответствует классу мер, обозначенному в двух левых колонках таблицы.

Если используется единственная мера в классе, то она указывается в колонке "Подкласс 1". Если используются несколько мер для одного класса, как описано в разделе 5.2.8, то заполняются колонки "Подкласс 2", "Подкласс 3", и так далее.

Класс	Порт	Подкласс 1	Подкласс 2	Подкласс 3
XX	1	4. Open -M-		
	2	9. Open -F-		
КЗ	1	5. Short -M-		
	2	10. Short -F-		
Нагрузка	1	1. Lowdband	2. Sliding Load	3. Broadband
	2	1. Lowdband	2. Sliding Load	3. Broadband
Перемычка	1-2	11. Thru		
TRL Перемыч	1-2			
TRL Отраж	1			
	2			
TRL Лин/Нагр	1-2			

Рисунок 5.18 Таблица классов калибровочных мер

Для перехода к таблице классов калибровочных мер нажмите программные кнопки: **Калибровка > Комплект мер > Назначить классы.**



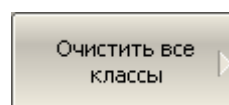
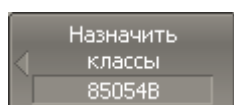
5.3.4.1 Редактирование таблицы классов

Перемещаясь по таблице классов калибровочных мер (рисунок 5.18) с помощью клавиш навигации, нажмите **«Enter»** в нужной ячейке для появления всплывающего меню. Затем выберите в меню наименование калибровочной меры, которой должен быть назначен класс и номер порта, указанные в левой части таблицы.

5.3.4.2 Удаление мер в таблице классов

Перемещаясь по таблице классов калибровочных мер (рисунок 5.18) с помощью клавиш навигации, нажмите **«Enter»** в нужной ячейке для появления всплывающего меню. Затем выберите в меню строку **None** для очистки ячейки таблицы, содержащей наименование удаляемой меры.

Для удаления всех мер в таблице классов – нажмите программную кнопку **Очистить все классы**.



Примечание

В колонке "Подкласс 1" калибровочные меры удалить нельзя.

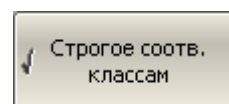
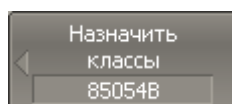
5.3.4.3 Функция строгого соответствия классам

Данная функция служит для ограничения типа мер, доступных в каждом классе по признаку соответствия (таблица 5.8) .Если данная функция отключена, то возможно назначить мере любой класс.

Таблица 5.8 Соответствие классов и типов мер

N	Класс мер	Типы мер
1	XX	XX, Табл. данные (1 порт).
2	КЗ	КЗ, Табл. данные (1 порт).
3	Нагрузка	Нагрузка, Скользящая нагрузка, Табл. данные (1 порт).
4	Перемычка	Перемычка/Линия, Неизвестная перемычка, Табл. данные (2 порт).
5	TRL Перемычка	Перемычка/Линия, Табл. данные (2 порт).
6	TRL Отражатель	XX, КЗ, Табл. данные (1 порт).
7	TRL Линия/Нагрузка	Нагрузка, Перемычка/Линия.

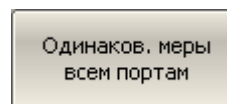
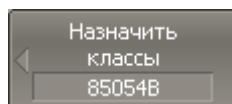
Для отключения и повторного включения функции строгого соответствия классам – нажмите программную кнопку **Строгое соотв. классам**.



5.3.4.4 Функция группового назначения номера порта

Данная функция служит для автоматического назначения одной меры всем портам конкретного класса при ее назначении хотя бы одному порту.

Для включения/отключения функции группового назначения номера порта – нажмите программную кнопку **Одинаков. меры всем портам**.



5.4 Калибровка мощности портов

Анализатор поддерживает постоянный уровень мощности на выходе измерительных разъемов, с точностью указанной в технических характеристиках. Уровень мощности устанавливается пользователем в диапазоне от – 60 до +10 дБм.

При подключении исследуемого устройства используются соединяющие кабели, обладающие потерями. Для поддержания более точного уровня мощности на входе исследуемого устройства с учетом соединяющих кабелей – предназначена *калибровка мощности портов*.

Калибровка мощности портов осуществляется внешним измерителем мощности, подключаемым к разъемам на конце кабелей, предназначенным для подключения исследуемого устройства.

После осуществления калибровки мощности портов, автоматически включается *коррекция мощности портов*. В дальнейшем пользователь имеет возможность отключить либо включить коррекцию мощности портов.

Калибровка мощности портов проводится для каждого порта и каждого канала в отдельности.

Примечание

Состояние коррекции мощности портов индицируется в строке состояния каждого графика (раздел 2.5.2), и в строке состояния канала (раздел 2.5.6).

5.4.1 Таблица компенсации потерь

Функция компенсации потерь предназначена для компенсации нежелательных потерь между измерителем мощности и калибруемым портом в процессе калибровки мощности. Потери, которые необходимо компенсировать задаются в виде таблицы: частота, потери (рисунок 5.19).

	Частота	Потери
1	300 кГц	0.1 дБ
2	1 ГГц	0.2 дБ
3	2 ГГц	0.4 дБ
4	3 ГГц	0.5 дБ
5		

Рисунок 5.19 Таблица компенсации потерь

Значения потерь в промежуточных частотных точках интерполируются по линейному закону.

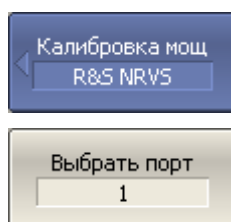
Таблица компенсации потерь компенсации задается для каждого порта в отдельности.

Примечание

Для компенсации потерь данная функция должна быть включена и таблица должна быть заполнена до калибровки мощности.

5.4.2 Порядок калибровки мощности портов

Подключите и настройте измеритель мощности как указано в разделе 8.10. Подключите сенсор к одному из портов и выполните калибровку как описано ниже. Затем повторите калибровку для другого порта.



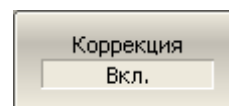
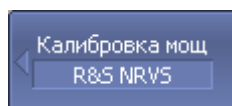
Выберите номер калибруемого порта программными кнопками:

Калибровка > Калибровка мощности > Выбрать порт.

	<p>Установите нуль измерителя мощности (рекомендуется) программными кнопками:</p> <p>Калибровка > Калибровка мощности > Установка "0" изм. мощности.</p> <p>Примечание: сенсор измерителя мощности может быть подключен к порту, так как во время установки нуля отключается выходной сигнал порта.</p>
	<p>Для осуществления калибровки мощности порта – нажмите программные кнопки:</p> <p>Калибровка > Калибровка мощности > Калибровать.</p>
Примечание	<p>После окончания цикла калибровки – автоматически включается коррекция мощности порта.</p>

5.4.3 Включение и отключение коррекции мощности порта

Для включения / отключения коррекции мощности порта – нажмите программные кнопки **Калибровка > Калибровка мощности > Коррекция.**



5.4.4 Редактирование таблицы компенсации потерь

При необходимости использования функции компенсации потерь – заполните таблицу и включите функцию компенсации потерь до проведения калибровки мощности портов. Таблица заполняется для каждого порта в отдельности.

	<p>Для добавления новой строки таблицы компенсации потерь – нажмите программные кнопки Калибровка > Калибровка мощности > Компенс. потерь > Добавить.</p>
	<p>Новая строка добавляется после выделенной строки.</p>
	<p>Для удаления выделенной строки – нажмите программные кнопки Калибровка > Калибровка мощности > Компенс. потерь > Удалить.</p>

	<p>Для очистки всей таблицы– нажмите программные кнопки Калибровка > Калибровка мощности > Компенс. потерь > Очистить таблицу потерь.</p>
	<p>Для сохранения таблицы на диске в файле *.lct– нажмите программные кнопки Калибровка > Калибровка мощности > Компенс. потерь > Сохранить таблицу потерь.</p>
	<p>Чтобы загрузить таблицу с диска из файла *.lct– нажмите программные кнопки Калибровка > Калибровка мощности > Компенс. потерь > Загрузить таблицу потерь.</p>
	<p>Перемещаясь по таблице с помощью клавиш навигации, введите значения частоты и потери.</p> <p>Включите функцию компенсации потерь программными кнопками Калибровка > Калибровка мощности > Компенс. потерь > Компенсация.</p>

5.5 Калибровка приемников

При измерении входной мощности (раздел 4.4.3) усиление отдельных приемников откалибровано в заводских условиях по входу измерительных разъемов.

На практике необходимо измерять мощность на входе разъемов портов, образованных соединительными кабелями и другими цепями, обладающими потерями. Для более точного измерения мощности на входе портов – предназначена *калибровка приемников.*

Калибровка приемников осуществляется подачей на вход калибруемого порта сигнала с другого порта – источника сигнала. Калибровка приемника требует соединения двух портов перемычкой.

Для достижения наивысшей точности калибровки приемника – в порте источника должна быть проведена *калибровка мощности.* Если калибровка мощности порта – источника не проводилась, то для получения удовлетворительного результата, соедините разъем калибруемого порта с разъемом порта – источника на лицевой панели.

После осуществления калибровки приемников, автоматически включается *коррекция приемников.* В дальнейшем пользователь имеет возможность отключить либо включить коррекцию приемников.

Калибровка приемников возможна только для тестовых приемников каждого порта: это приемники А и В (рисунок 4.11)

Калибровка приемников проводится для каждого порта и каждого канала в отдельности.

Примечание

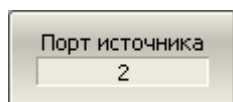
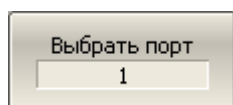
Состояние коррекции приемников индицируется в строке состояния каждого графика (раздел 2.5.2), и в строке состояния канала (раздел 2.5.6).

5.5.1 Порядок калибровки приемников

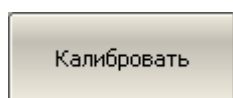
Соедините переключкой калибруемый порт и порт – источник сигнала.



Выберите номер калибруемого порта программными кнопками **Калибровка > Калибровка приемника > Выбрать порт**.



Выберите номер порта – источника сигнала программными кнопками **Калибровка > Калибровка приемника > Порт источника**.



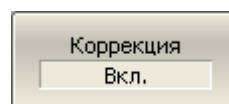
Для осуществления калибровки приемника – нажмите программные кнопки **Калибровка > Калибровка приемника > Калибровать**.

Примечание

После окончания цикла калибровки – автоматически включается коррекция приемника.

5.5.2 Включение и отключение коррекции приемников

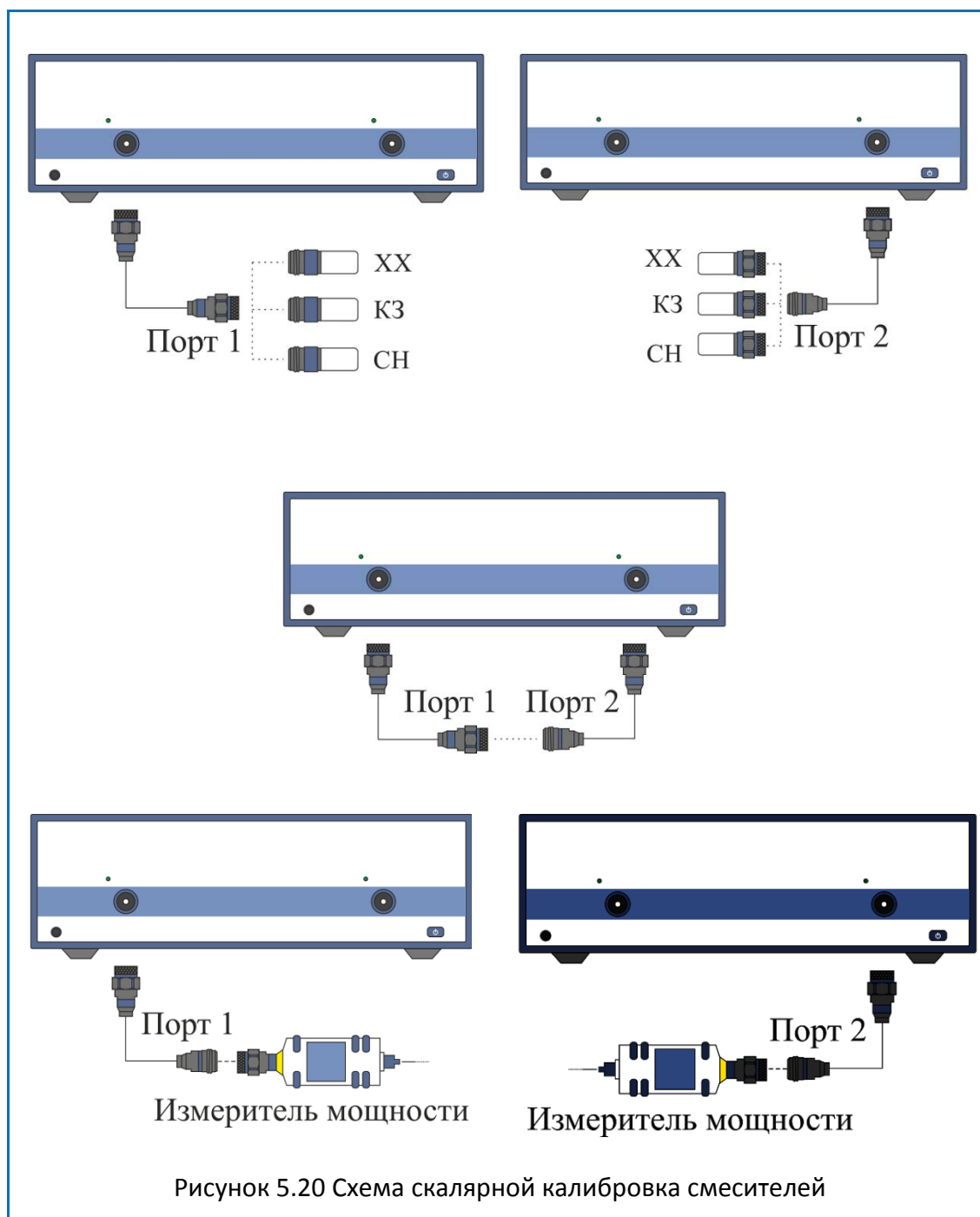
Для включения и отключения коррекции приемника – нажмите программные кнопки **Калибровка > Калибровка приемника > Коррекция**.



5.6 Скалярная калибровка смесителей

Скалярная калибровка смесителей – наиболее точный метод калибровки, используемый для измерения смесителей в режиме смещения частоты.

Скалярная калибровка смесителей – требует применения калибровочных мер КЗ, ХХ, нагрузки и измерителя мощности (рисунок 5.20). Подключение и настройка измерителя мощности описаны в разделе 8.10.



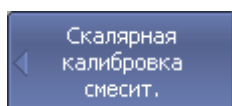
Скалярная калибровка смесителей позволяет измерять:

- Параметры отражения S_{11} и S_{22} в векторной форме;
- Параметры передачи S_{21} и S_{12} в скалярной форме.

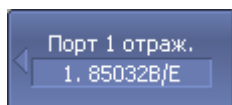
Перед калибровкой необходимо выполнить следующие предварительные установки анализатора: назначить активный канал, установить параметры канала (частотный диапазон, полосу ПЧ и другие), установить комплект калибровочных мер. Включить режим смещения частоты и установить параметры смещения портов.

Примечание

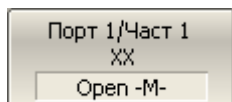
Скалярная калибровка смесителей может осуществляться без смещения частоты. Режим смещения может быть включен позже при измерении смесителей. В таком случае установки базового частотного диапазона должны перекрывать частотные диапазоны портов в режиме смещения. Данный способ удобен, но обладает меньшей точностью, так как использует интерполяцию.



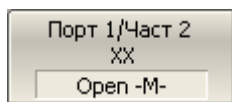
Для перехода к скалярной калибровке смесителей – нажмите программные кнопки **Калибровка > Калибровка смесителей > Скалярная калибровка смесителей**.



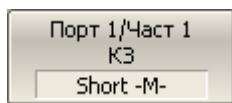
Нажмите программную кнопку **Отражение Порт 1**.



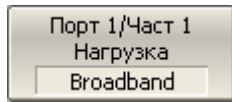
Подключите к порту 1 меры **КЗ, ХХ, нагрузка** как показано на рисунке 5.20. Для каждой меры выполните два измерения, в двух частотных диапазонах (**Част 1** и **Част 2**), нажав кнопки с обозначением типа меры.

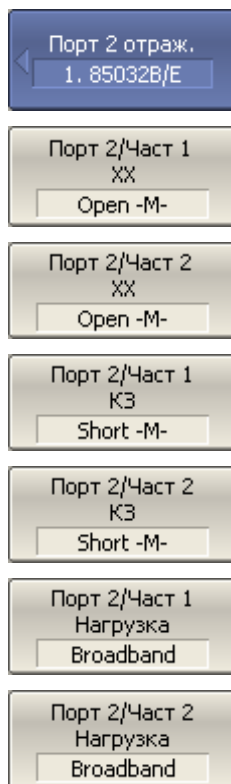


Если смещение частоты не включено, то измерения для двух частотных диапазонов сохраняются автоматически при измерении в одном из них.



В строке статуса анализатора во время измерения индицируется сообщение «Калибровка...». По завершению измерения в левой части кнопки ставится отметка.



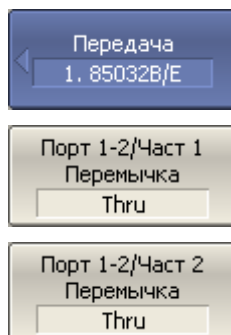


Нажмите программную кнопку **Отражение Порт 2**.

Подключите к порту 2 меры **КЗ, XX, нагрузка** как показано на рисунке 5.20. Для каждой меры выполните два измерения, в двух частотных диапазонах (**Част 1 и Част 2**), нажав кнопки с обозначением типа меры.

Если смещение частоты не включено, то измерения для двух частотных диапазонов сохраняются автоматически при измерении в одном из них.

В строке статуса анализатора во время измерения индицируется сообщение «Калибровка...». По завершению измерения в левой части кнопки ставится отметка.

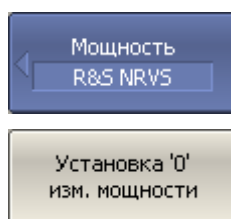


Нажмите программную кнопку **Передача**.

Присоедините калибровочную меру перемычки между измерительными портами. Если разъемы портов допускают непосредственное соединение – просто соедините их (перемычка с нулевой электрической длиной). Выполните два измерения, в двух частотных диапазонах (**Част 1 и Част 2**).

Если смещение частоты не включено, то измерения для двух частотных диапазонов сохраняются автоматически при измерении в одном из них.

В строке статуса анализатора во время измерения индицируется сообщение «Калибровка...». По завершению измерения в левой части кнопки ставится отметка.



Нажмите программную кнопку **Мощность**.

Установите нуль измерителя мощности программной кнопкой **Установка "0" изм. мощности**.

Примечание: сенсор может быть подключен к порту, так как во время установки нуля отключается выходной сигнал порта.

Порт 1/Част 1	Подключите измеритель мощности к порту 1. Выполните два измерения, в двух частотных диапазонах (Част 1 и Част 2).
Порт 1/Част 2	Если смещение частоты не включено, то измерения для двух частотных диапазонов сохраняются автоматически при измерении в одном из них.
Порт 2/Част 1	Подключите измеритель мощности к порту 2. Выполните два измерения, в двух частотных диапазонах (Част 1 и Част 2).
Порт 2/Част 2	В строке статуса анализатора во время измерения индицируется сообщение «Изм. мощн: измерение». По завершению измерения в левой части кнопки ставится отметка.
Применить	Для завершения калибровки – нажмите программную кнопку Применить . По нажатию кнопки рассчитывается таблица калибровочных коэффициентов и сохраняется в памяти канала. Автоматически включается функция коррекции ошибок.
Отменить	Если требуется отменить результаты измерения мер – нажмите программную кнопку Отменить . Данная кнопка не отменяет существующую калибровку. Если требуется отменить существующую калибровку – отключите функцию коррекции ошибок.
Примечание	Проверить состояние калибровки можно в строке состояния канала (таблица 5.6) и в строке состояния графика (символы SMC).

5.7 Векторная калибровка смесителей

Векторная калибровка смесителей – метод калибровки, используемый для измерения смесителей, который позволяет измерять в векторной форме как параметры отражения, так и параметры передачи, в том числе фазу и ГВЗ коэффициента передачи.

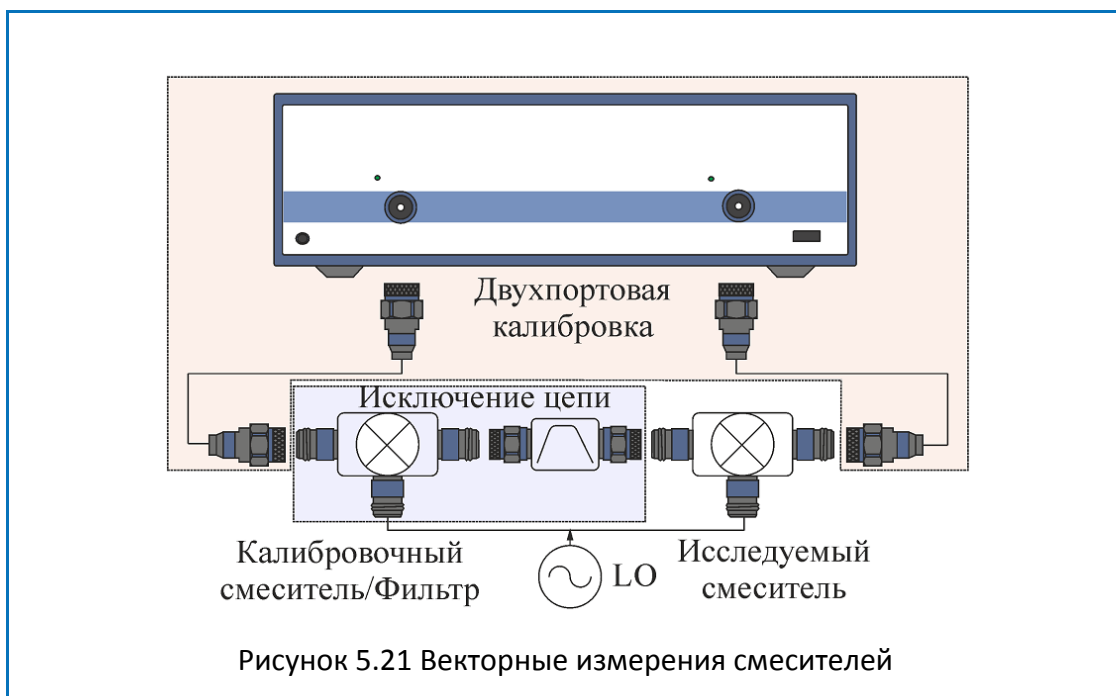
Векторные измерения смесителей требуют дополнительного смесителя с фильтром, называемый *калибровочным смесителем*.

Фильтр служит для выделения частоты ПЧ, которая служит входной частотой исследуемого смесителя:

- ВЧ + Гет;
- ВЧ – Гет;
- Гет – ВЧ.

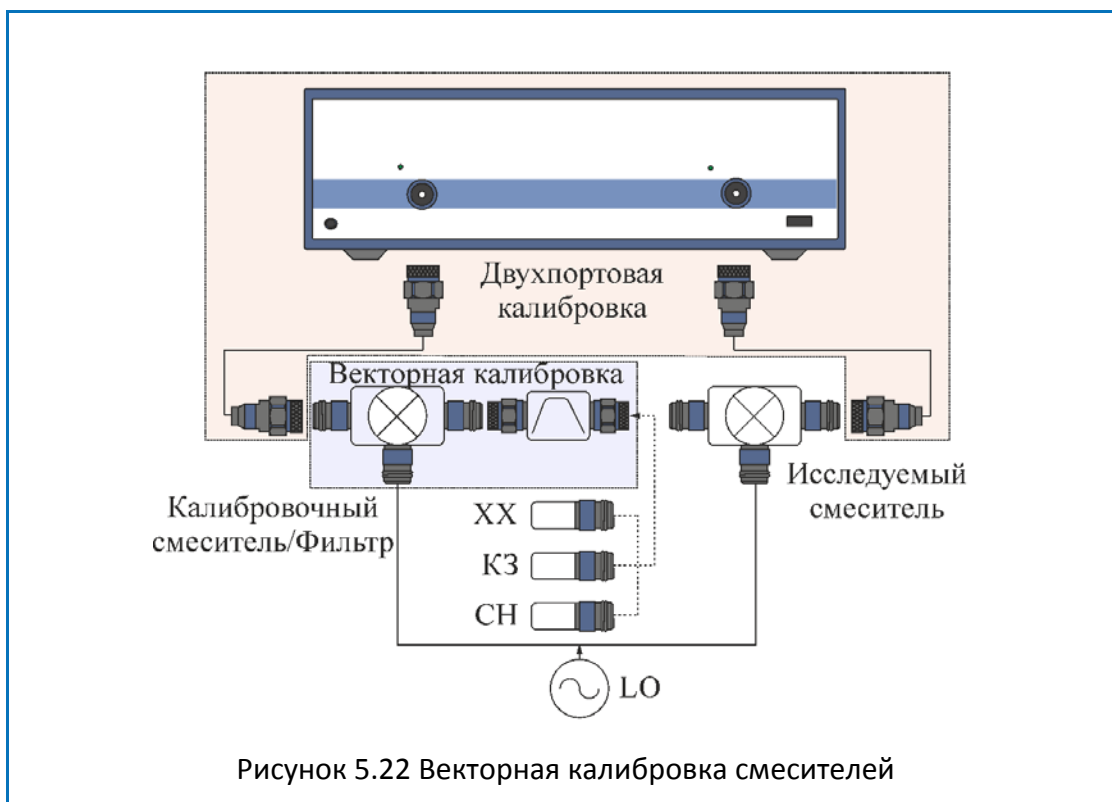
Калибровочный и измеряемый смеситель работают от общего генератора частоты гетеродина.

Векторные измерения смесителей – это комбинация двухпортовой калибровки и функции исключения цепи (рисунок 5.21).



Функция исключения цепи требует для своей работы файл с S-параметрами цепи. Получение такого файла для пары калибровочный смеситель / фильтр – называется векторной калибровкой смесителей.

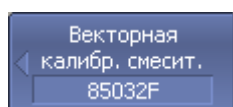
Для получения файла S-параметров пары калибровочный смеситель / фильтр – используются измерения трех калибровочных мер КЗ, ХХ, нагрузка (рисунок 5.22).



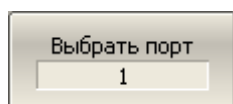
5.7.1 Порядок проведения векторной калибровки смесителей

Перед калибровкой необходимо выполнить следующие предварительные установки анализатора: назначить активный канал, установить параметры канала (частотный диапазон, полосу ПЧ и другие), установить комплект калибровочных мер.

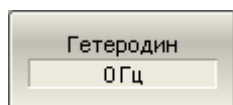
- Провести двухпортовую калибровку;
- Собрать схему векторной калибровки;
- Установить частоту и мощность внешнего генератора.



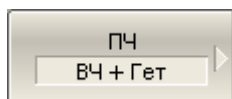
Для перехода к векторной калибровке смесителей – нажмите программные кнопки **Калибровка > Калибровка смесителей > Векторная калибровка смесителей.**



Выберите номер порта, к которому подключен калибровочный смеситель – нажмите программную кнопку **Выбрать порт.**



Введите частоту внешнего генератора программной кнопкой **Гетеродин.**



Выберите частоту, которую выделяет фильтр программной кнопкой **ПЧ**:

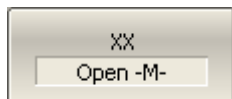
ВЧ + Гет;

ВЧ – Гет;

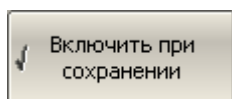
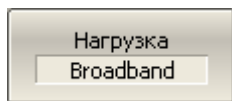
Гет – ВЧ.



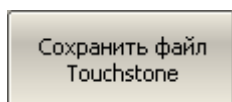
Подключите к выходу фильтра ПЧ меры КЗ, ХХ, нагрузки как показано на рисунке 5.22. Выполните измерение, нажав кнопку с обозначением типа меры.



В строке статуса анализатора во время измерения индицируется сообщение «Калибровка...». По завершению измерения в левой части кнопки ставится отметка.



Для завершения калибровки – нажмите программную кнопку **Сохранить файл Touchstone**.



По нажатию кнопки рассчитываются S-параметры пары калибровочный смеситель/фильтр и сохраняются в файле формата Touchstone. Имя файла вводится в открывшемся диалоге.

Если выбрана функция **Включить при сохранении**, то файл S-параметров передается в функцию исключения цепи и данная функция включается.

Примечание

Проверить состояние калибровки можно в строке состояния графика – символы **F2** и **Иск** (двухпортовая калибровка и функция исключения цепи).

5.8 Автоматический калибровочный модуль

Автоматический калибровочный модуль (АКМ) – специальное устройство позволяющее автоматизировать процесс калибровки. АКМ серии SC представлен на рисунке 5.23.



Рисунок 5.23 Автоматический калибровочный модуль серии SC

АКМ обладает следующими преимуществами перед традиционной SOLT калибровкой с использованием комплекта механических мер:

- Позволяет сократить количество присоединений различных мер. Вместо подключения 7 мер, требуется подключение к 2 разъемам АКМ;
- Ускоряет процедуру калибровки;
- Уменьшает вероятность ошибок оператора;
- Обладает потенциально более высокой точностью.

АКМ серии SC имеет два высокочастотных разъема для подключения к портам анализатора и разъем USB для управления. В своем составе АКМ содержит электронные ключи, переключающие различные импедансы отражения и передачи, и память для хранения точных значений S-параметров этих импедансов.

Калибровка осуществляется программой анализатора в полностью автоматическом режиме. После подключения АКМ оператором, далее программное обеспечение анализатора автоматизирует оставшуюся процедуру калибровки: переключает различные состояния АКМ, измеряет их и рассчитывает калибровочные коэффициенты, используя хранящиеся в памяти АКМ данные.

5.8.1 Общие сведения об АКМ серии SC

Типы калибровки:

С помощью АКМ серии SC программное обеспечение анализатора позволяет производить полную двухпортовую или полную однопортовую калибровку "одним нажатием кнопки". При проведении однопортовой калибровки рекомендуется подключать согласованную нагрузку к неиспользуемому порту АКМ.

Характеризация:

Характеризацией называют таблицу S – параметров всех состояний ключей АКМ, хранящуюся в памяти АКМ. Характеризация бывает заводская и пользовательская. АКМ имеет два раздела памяти: защищенный и не защищенный для записи. В первом хранится заводская характеристика, второй предназначен для записи до трех пользовательских характеристик. Перед калибровкой пользователь имеет возможность выбрать одну из характеристик: заводскую или пользовательскую. Смысл пользовательской характеристики заключается в возможности записать S – параметры АКМ с присоединенными адаптерами к портам АКМ.

Программное обеспечение позволяет провести пользовательскую характеристику записать данные в АКМ "одним нажатием кнопки". Необходимым условием для этого является предварительная калибровка анализатора с конфигурацией портов, совместимой с конфигурацией портов АКМ.

Автоматическая ориентация:

Ориентацией называется соответствие портов АКМ портам анализатора. В отличие от портов анализатора, которые нумеруются цифрами, порты АКМ обозначаются литерами А и В.

Ориентация задается либо вручную оператором, либо определяется автоматически. Способ ориентации ручной или автоматический выбирается оператором. При автоматическом способе ориентации программное обеспечение анализатора каждый раз перед процедурой калибровки или характеристики определяет ориентацию АКМ.

Неизвестная перемычка:

Перемычка реализуемая внутри АКМ с помощью электронных ключей обладает потерями. Поэтому для обеспечения заданной точности калибровки необходимо точно знать параметры перемычки, либо использовать алгоритм неизвестной перемычки.

Программное обеспечение позволяет использовать обе эти возможности. В памяти АКМ хранятся S – параметры перемычки, которые используются для вычисления калибровочных коэффициентов. Если же используется алгоритм неизвестной перемычки, то указанные параметры не используются.

Термокомпенсация:

Наиболее точная калибровка достигается при температуре АКМ, при которой проводилась его характеристика. При отклонении от данной температуры, параметры АКМ начинают отклоняться от записанных в памяти. Это приводит к увеличению погрешности калибровки АКМ.

Для компенсации температурной погрешности, АКМ серии SC обладают функцией термокомпенсации. Термокомпенсация – это программная функция коррекции S-параметров АКМ, основанная на данных о его температурной зависимости и данных датчика температуры внутри АКМ. Температурная зависимость каждого экземпляра АКМ снимается в заводских условиях и сохраняется в его памяти.

Пользователь имеет возможность включить или отключить функцию термокомпенсации.

Доверительный тест:

АКМ серии SC имеют дополнительное состояние – аттенюатор, который не используется во время калибровки. Аттенюатор используется для проверки действующей калибровки, проведенной как с помощью АКМ, так и любым другим методом. Такая проверка называется доверительным тестом.

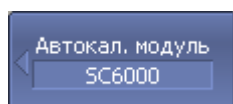
Доверительный тест заключается в одновременной индикации на экране анализатора измеряемых и записанных в памяти АКМ S-параметров аттенюатора. Измеренные параметры индицируются на графике данных, а считанные из АКМ – на графике памяти. Пользователь имеет возможность сравнить два графика, оценить степень их совпадения и сделать вывод корректности проведенной калибровки.

Для детального сравнения пользователь может использовать функцию математики (деления) данных и памяти.

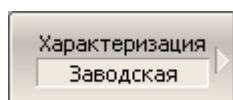
5.8.2 Порядок проведения автокалибровки

Перед калибровкой АКМ необходимо выполнить следующие предварительные установки анализатора: назначить активный канал, установить параметры канала (частотный диапазон, полосу ПЧ и другие).

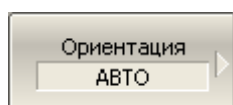
Подключите АКМ к портам анализатора, USB порт АКМ подключите к USB порту компьютера или анализатора (ОБЗОР-304, ОБЗОР-804, ОБЗОР-808).



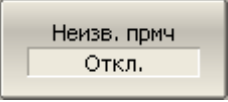
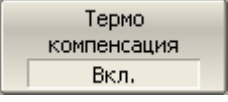
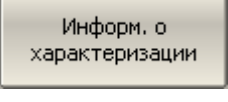
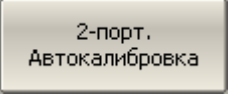
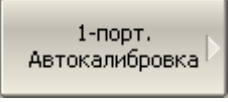
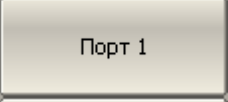
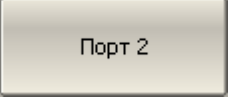
Для перехода к автокалибровке – нажмите программные кнопки **Калибровка > Автокалибровка**.



Выберите характеризацию – нажмите программную кнопку **Характеризация**.



Выберите ручную или автоматическую ориентацию АКМ – нажмите программную кнопку **Ориентация**. Рекомендуется – АВТО.

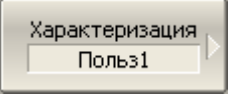
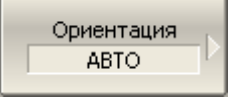
	<p>Выберите состояние вкл/откл алгоритма неизвестной переменычки – нажмите программную кнопку Неизв. прич.</p>
	<p>Выберите состояние вкл/откл функции термокомпенсации – нажмите программную кнопку Термокомпенсация.</p>
	<p>При необходимости вывести на экран подробную информацию о характеристизации – нажмите программную кнопку Информ. о характеристизации.</p>
	<p>Для выполнения полной двухпортовой калибровки – нажмите программную кнопку 2-порт. Автокалибровка.</p>
	<p>Для выполнения полной однопортовой калибровки – нажмите программную кнопку 1-порт. Автокалибровка.</p>
	<p>Затем выберите номер порта.</p>
	

5.8.3 Порядок проведения пользовательской характеристизации

Пользовательская характеристизация АКМ требуется при изменении разъемов АКМ с помощью адаптеров. Характеризуется новое устройство АКМ плюс адаптеры. Для сохранения точности характеристизации не рекомендуется отсоединять и заново присоединять адаптеры.

Перед пользовательской характеристизацией АКМ необходимо выполнить двухпортовую калибровку анализатора с конфигурацией портов, совместимой с конфигурацией портов АКМ.

Подключите АКМ к портам анализатора, USB порт АКМ подключите к USB порту компьютера или анализатора (ОБЗОР-304, ОБЗОР-804).

	<p>Выберите пользовательскую характеристизацию от 1 до 3 – нажмите программную кнопку Характеризация.</p>
	<p>Выберите способ ориентации АКМ ручной или автоматический – нажмите программную кнопку Ориентация. Рекомендуется – АВТО.</p>

Характеризовать
АКМ

Для выполнения характеристики – нажмите программную кнопку **Характеризовать АКМ**.

После измерения АКМ появится диалоговое окно:

Пользовательская характеристика

Характеризация

Номер Польз.1 Оператор

Анализатор Место

Разъемы

Порт А

Порт В

Описание адаптеров

Порт А

Порт В

Запись Отменить

Заполните информационные поля:

- Имя оператора;
- Наименование анализатора;
- Место проведения характеристики;
- Разъемы – типы разъемов накрученных адаптеров;
- Описание адаптеров – текст описания накрученных адаптеров.

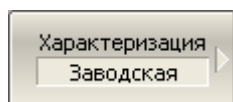
Нажмите программную кнопку **Запись** для завершения пользовательской характеристики АКМ.

5.8.4 Порядок проведения доверительного теста

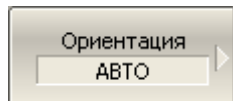
При необходимости убедиться в надлежащем качестве действующей калибровки – проведите доверительный тест. В качестве тестируемой калибровки может выступать калибровка, проведенная с помощью АКМ или калибровка, выполненная с помощью комплекта механических мер.

Подключите АКМ к портам анализатора, USB порт АКМ подключите к USB порту компьютера или анализатора (ОБЗОР-304, ОБЗОР-804).

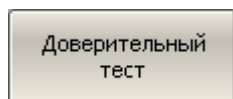
Включите график параметра, который хотите наблюдать, например S21. Возможно включить одновременно несколько графиков, например S11, S22, S21, S12.



Выберите характеристику – нажмите программную кнопку **Характеризация**.



Выберите ручную или автоматическую ориентацию АКМ – нажмите программную кнопку **Ориентация**. Рекомендуется – **АВТО**.



Для выполнения доверительного теста – нажмите программную кнопку **Доверительный тест**.

На экран, после измерения, будут выведены два графика для каждого S–параметра. Измеренные параметры индицируются на графике данных, а считанные из АКМ – на графике памяти.

Сравните графики данных и памяти одноименных параметров, например S21. Для более тонкого сравнения возможно включить функцию математической операции с памятью. В формате логарифмической амплитуды или фазы – используйте операцию Данные / Память. В формате линейной амплитуды – используйте операцию Данные–Память.

Вывод о пригодности тестируемой калибровки пользователь делает самостоятельно.

6 Анализ измерений

6.1 Маркеры

Маркеры – это инструмент для считывания числовых значений стимула и измеряемой величины на выбранных точках графика. Анализатор позволяет включать до 16 маркеров на каждый график. Вид графика с двумя маркерами показан на рисунке 6.1.

Маркеры позволяют решать следующие задачи:

- Считывание абсолютных значений измеряемой величины и стимула в конкретных точках графика;
- Считывание относительных значений измеряемой величины и стимула относительно опорного маркера;
- Поиск на графике минимума, максимума, пиков или целевого уровня;
- Вычисление различных параметров графика (статистика, полоса пропускания и др.);
- Изменение параметров стимула с использованием положения маркеров.

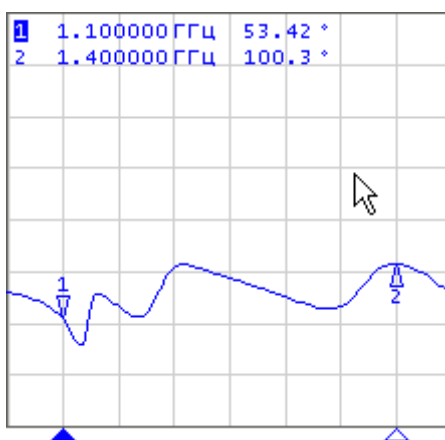


Рисунок 6.1

Маркеры имеют следующие графические элементы:

1 ▽	Метка и номер активного маркера на графике,
Δ 2	Метка и номер не активного маркера на графике,
▲	Метка на оси стимулов активного маркера,
Δ	Метка на оси стимулов не активного маркера.

Числовые данные содержат номер маркера, значение стимула, значение измеряемой величины. Номер активного маркера выделен инверсным цветом.

Значение измеряемой величины маркера различается в прямоугольных и полярных форматах.

- В прямоугольных координатах маркер показывает одно значение измеряемой величины по оси Y в текущем формате (таблица 4.10).
- В круговых координатах маркер показывает два или три значения, которые представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 Показания маркера в круговых координатах

Краткое наименование формата	Показания маркеров (единицы измерения)		
	Значение 1	Значение 2	Значение 3
Вольперт (Лин)	Линейная амплитуда	Фаза (°)	–
Вольперт (Лог)	Логарифмическая амплитуда (дБ)	Фаза (°)	–
Вольперт (Re/Im)	Реальная часть	Мнимая часть	–
Вольперт (R + jX)	Активная часть сопротивления (Ω)	Реактивная часть сопротивления (Ω)	Эквивалентная емкость или индуктивность реактивной части (Ф/Гн)
Вольперт (G + jB)	Активная часть проводимости (См)	Реактивная часть проводимости (См)	Эквивалентная емкость или индуктивность реактивной части (Ф/Гн)
Поляр (Лин)	Линейная амплитуда	Фаза (°)	–
Поляр (Лог)	Логарифмическая амплитуда (дБ)	Фаза (°)	–
Поляр (Re/Im)	Реальная часть	Мнимая часть	–

6.1.1 Добавление маркера

Для установки нового маркера – нажмите программные кнопки **Маркеры > Добавить маркер**.

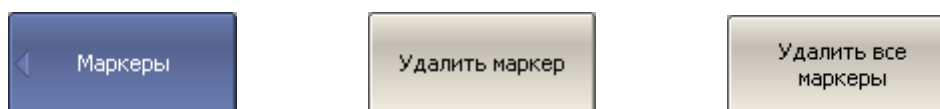


Примечание

Новый маркер устанавливается в центре оси стимулов и назначается активным маркером. Значение стимула маркера переключается в режим ввода.

6.1.2 Удаление маркера

Для удаления маркера – нажмите программные кнопки **Маркеры > Удалить маркер**.

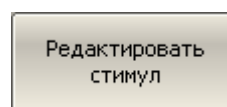


Для удаления всех маркеров – нажмите программные кнопки **Маркеры > Удалить все маркеры**.

6.1.3 Установка значения стимула маркера

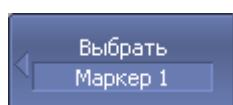
Перед установкой стимула необходимо назначить активный маркер. Установка стимула возможна путем ввода значения с цифровой клавиатуры, вращающейся ручкой, стрелками, буксировкой маркера мышью или с помощью функций поиска. Буксировка маркеров мышью описана в разделе 3.9.12. Функции поиска маркера подробно описаны в разделе 6.1.7.

Для установки значения стимула маркера – нажмите программную кнопку **Маркеры > Редактировать стимул**, или щелкните мышью по полю стимула.

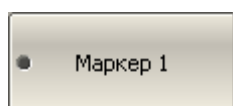


Затем введите значение стимула с цифровой клавиатуры или используйте клавиши «↑», «↓» и вращающуюся ручку.

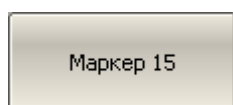
6.1.4 Выбор активного маркера



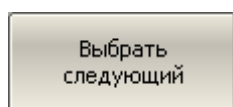
Для выбора активного маркера по номеру – нажмите программные кнопки **Маркеры > Выбрать > Маркер n**.



...



Для выбора активного маркера перебором – нажмите программные кнопки **Маркеры > Выбрать следующий**.



Примечание

Выбор активного маркера возможен щелчком мыши по нему.

6.1.5 Режим опорного маркера

Режим опорного маркера служит для получения относительных данных на маркерах. Данные маркеров считаются в приращениях относительно специального маркера, называемого опорным. Опорный маркер показывает абсолютные данные. Вместо номера опорный маркер обозначается символом Δ (рисунок 6.2). Включение опорного маркера переводит все остальные маркеры в режим относительных измерений.

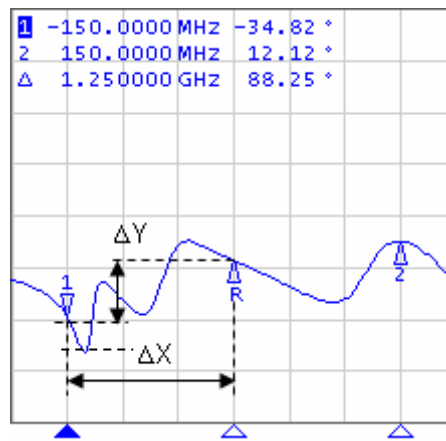


Рисунок 6.2

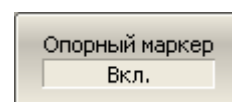
Обозначения опорного маркера на графике:

R	Метка активного опорного маркера на графике,
▽	
Δ	Метка не активного опорного маркера на графике.
R	

Опорный маркер показывает абсолютные значения стимула и измеряемой величины. Все остальные маркеры показывают относительные значения:

- значение стимула – разность между абсолютными значениями стимула маркера и опорного маркера;
- значение измерения – разность между абсолютными значениями измерения маркера и опорного маркера.

Для включения / отключения режима опорного маркера – нажмите программные кнопки **Маркеры > Опорный маркер**.



6.1.6 Свойства маркеров

6.1.6.1 Режим связности маркеров

Режим связности маркеров служит для включения или отключения взаимозависимости одноименных маркеров для разных графиков канала. При включенном режиме связности – одноименные маркеры передвигаются вдоль оси X синхронно для всех графиков. При отключенном режиме связности – положения одноименных маркеров вдоль оси X независимы (рисунок 6.3).

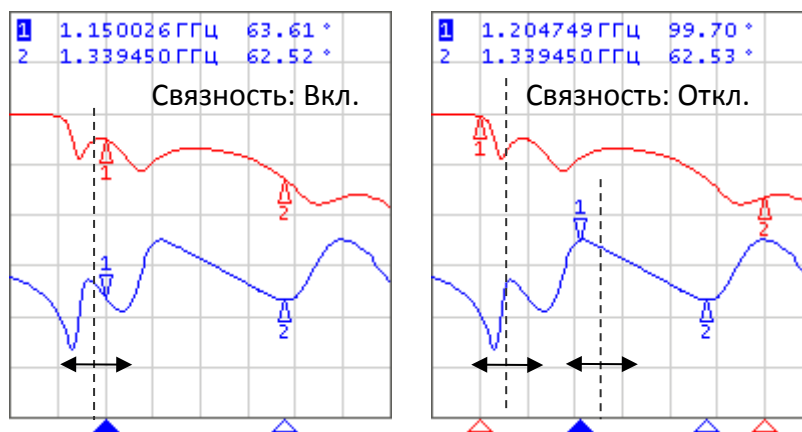
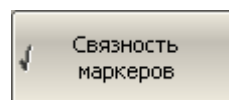
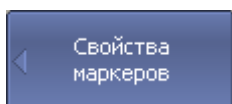


Рисунок 6.3 Режим связности маркеров

Для включения / отключения режима связности маркеров – нажмите программные кнопки **Маркеры > Свойства > Связность маркеров**.



6.1.6.2 Таблица маркеров

Для индикации значений маркеров всех графиков и всех каналов служит таблица маркеров (рисунок 6.4).

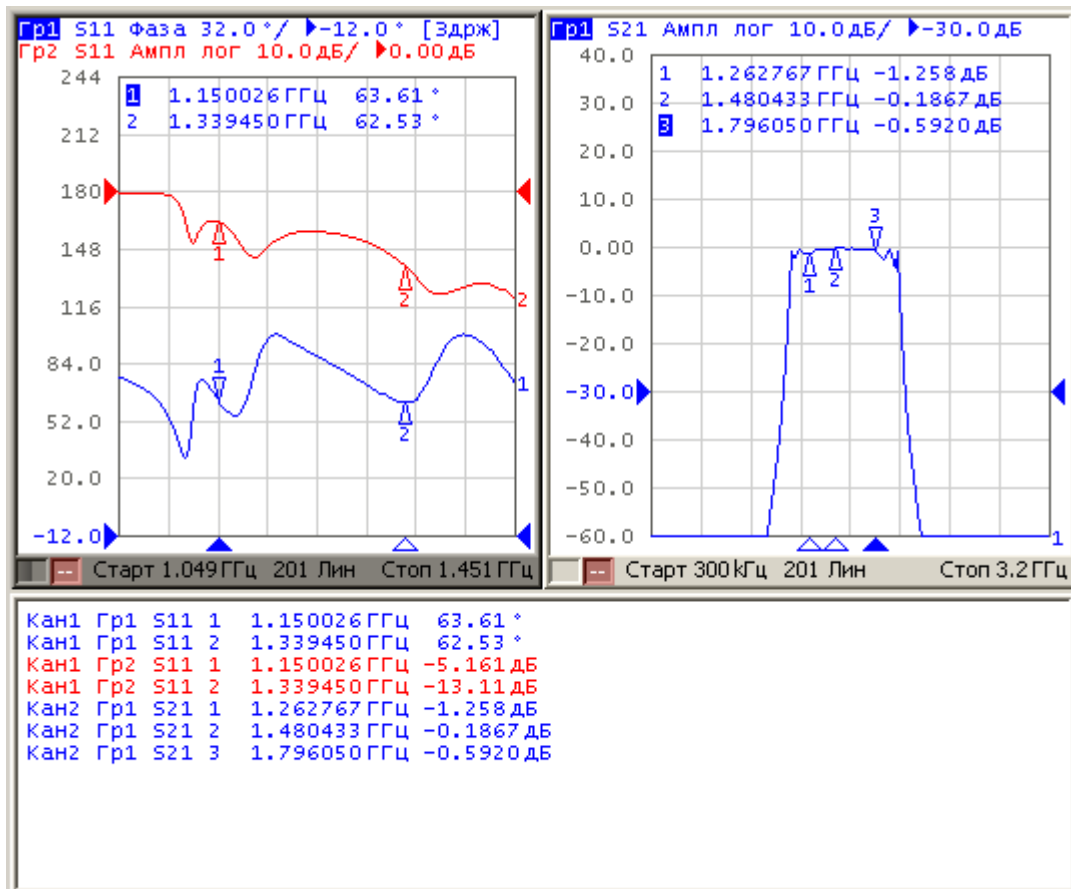
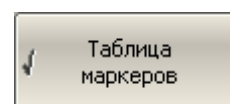
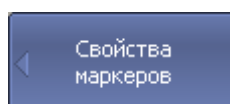


Рисунок 6.4 Таблица маркеров

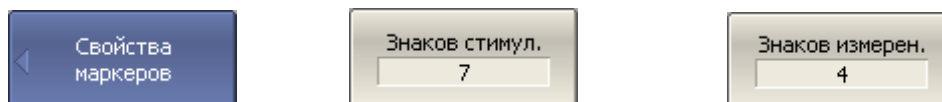
Для включения / отключения таблицы маркеров – нажмите программные кнопки **Маркеры > Свойства > Таблица маркеров**.



6.1.6.3 Настройка точности представления маркеров

По умолчанию точность индикации числовых данных маркеров составляет 8 десятичных знаков для стимула и 5 десятичных знаков для измерения. Пользователь может изменить эти цифры.

Для настройки точности представления числовых значений на маркерах – нажмите программные кнопки **Маркеры > Свойства > Знаков стимул | Знаков измерен.**



6.1.6.4 Групповая индикация данных маркеров

При выводе нескольких графиков с наложением в одной графической области, данные маркеров по умолчанию индицируются только для активного графика. Пользователь имеет возможность включить групповую индикацию маркеров всех графиков одновременно. Маркеры различных графиков различаются по цвету, каждый маркер имеет цвет своего графика.

Для включения / отключения групповой индикации маркеров – нажмите программные кнопки **Маркеры > Свойства маркеров > Только активный.**



Примечание

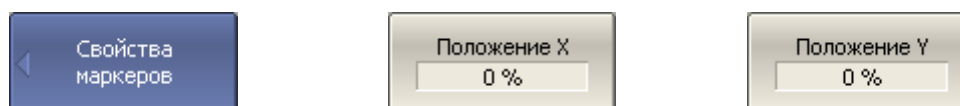
После включения групповой индикации пользователю необходимо разместить данные маркеров на экране во избежание их наложения (раздел 6.1.6.5).

6.1.6.5 Расположение данных маркеров на экране

Данные маркеров по умолчанию располагаются в левом верхнем углу экрана. Пользователь имеет возможность изменить расположение данных маркеров на экране. Положение данных маркеров на экране определяется двумя числами: относительное положение по оси X и Y, выраженное в процентах. Нулю процентов соответствует левый верхний угол, а 100% соответствует правый нижний угол.

Положение данных маркеров задается для каждого графика в отдельности, что позволяет разместить их без наложения при групповой индикации.

Для расположения данных маркеров графика – введите относительное положение X и Y в процентах с помощью программных кнопок **Маркеры > Свойства маркеров > Положение X | Положение Y**.



Примечание

Данные маркеров можно буксировать мышью, нажав и удерживая левую кнопку.

6.1.6.6 Выравнивание положения данных маркеров на экране

Данные маркеров по умолчанию располагаются для каждого графика независимо. Пользователь имеет возможность включить выравнивание положения данных маркеров на экране. Выравнивание отменяет независимое расположение данных маркеров различных графиков. В таком случае относительное положение X и Y в процентах действует только для первого графика. Данные маркеров всех следующих графиков выравниваются по отношению к первому графику. Выравнивание может быть двух типов:

- Вертикальное – данные маркеров различных графиков располагаются друг под другом;
- Горизонтальное – данные маркеров различных графиков располагаются в строчку.

Для включения выравнивания положения данных маркеров – нажмите программные кнопки **Маркеры > Свойства маркеров > Выравнивание > Вертикальное | Горизонтальное | Откл.**



6.1.6.7 Индикация значений памяти на маркерах

Маркеры по умолчанию индицируют данные графиков измерений, а не графиков памяти. Пользователь имеет возможность включить индикацию значений памяти, если имеется запомненный график.

Для включения / отключения индикации данных графика памяти на маркерах – нажмите программные кнопки **Маркеры > Свойства маркеров > Значение памяти**.



6.1.7 Функции поиска положения маркеров

Функции поиска положения маркера осуществляют поиск на графике:

- Максимального значения;
- Минимального значения;
- Пикового значения;
- Целевого уровня.

6.1.7.1 Поиск максимума или минимума

Функции поиска максимума или минимума находят положение маркера, соответствующие наибольшему или наименьшему значению измеряемой величины (рисунок 6.5).

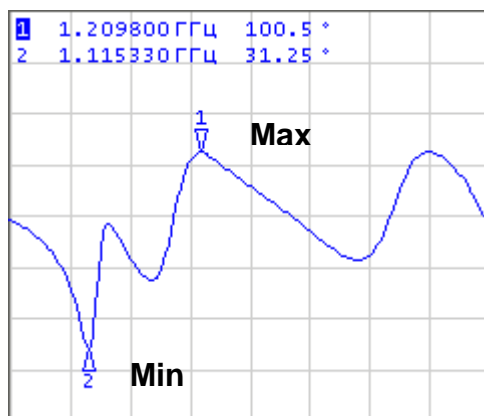
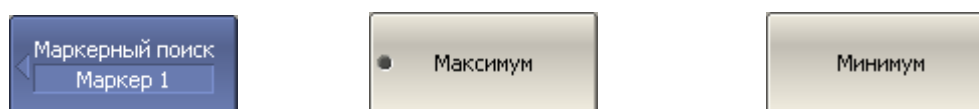


Рисунок 6.5 Поиск минимума или максимума

Для поиска минимума или максимума графика – нажмите программные кнопки:
Маркеры > Маркерный поиск > Максимум | Минимум.



Перед поиском должен быть назначен активный маркер.

Примечание

В круговых координатах поиск производится по первому значению маркера.

6.1.7.2 Поиск пика

Функция поиска пика находит положение маркера, соответствующие пиковому значению измеряемой величины (рисунок 6.6).

Пик – это локальный экстремум функции.

Пик называется **положительным**, если значение в точке пика превышает значения в соседних точках.

Пик называется **отрицательным**, если значение в точке пика меньше, чем значения в соседних точках.

Пиковым отклонением называется наименьший модуль разности измеряемой величины между точкой пика и двумя соседними пиками противоположной полярности.

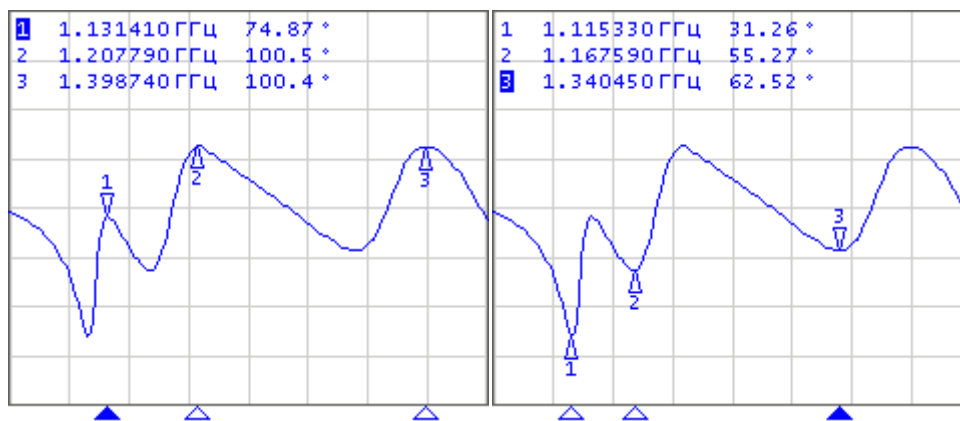


Рисунок 6.6 Положительные и отрицательные пики

В поиске участвуют не все пики, а только те, которые удовлетворяют двум критериям поиска:

- Пики должны иметь определенную пользователем полярность (положительную, отрицательную, или обе полярности);
- Пики должны иметь значение пикового отклонения, не менее заданного пользователем.

Возможны следующие варианты функции поиска пика:

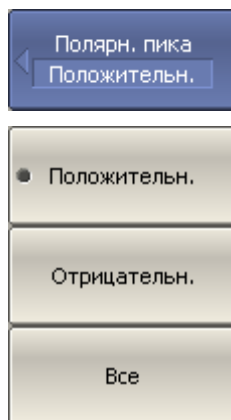
- Поиск ближайшего пика;
- Поиск наибольшего пика;
- Поиск пика слева;
- Поиск пика справа.

Ближайший пик – это самый близкий пик к текущему положению маркера вдоль оси стимулов.

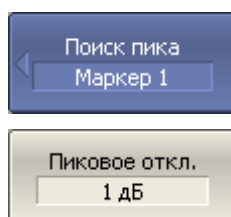
Наибольший пик – это пик с максимальным или минимальным значением, в зависимости текущих установок полярности пика.

Примечание

Поиск наибольшего пика отличается от поиска минимума или максимума, так как пик не может быть обнаружен в крайних точках графика, если даже они имеют минимальное или максимальное значение.

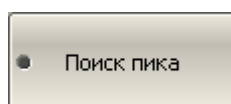


Для установки полярности пика при поиске – нажмите программные кнопки **Маркеры > Маркерный поиск > Пик > Полярн. пика > Положительн. | Отрицательн. | Все.**

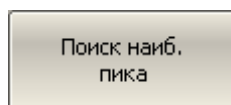


Для ввода значения пикового отклонения – нажмите программные кнопки **Маркеры > Маркерный поиск > Пик > Пиковое откл.**

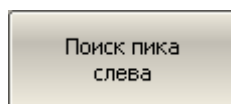
Затем введите значение целевого уровня с цифровой клавиатуры или используйте клавиши «↑», «↓» и вращающуюся ручку.



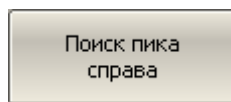
Для поиска положения ближайшего пика – нажмите программные кнопки **Маркеры > Маркерный поиск > Пик > Поиск пика.**



Для поиска положения наибольшего пика – нажмите программные кнопки **Маркеры > Маркерный поиск > Пик > Поиск наиб. пика.**



Для поиска пика слева от маркера – нажмите программные кнопки **Маркеры > Маркерный поиск > Пик > Поиск пика слева.**



Для поиска пика справа от маркера – нажмите программные кнопки **Маркеры > Маркерный поиск > Пик > Поиск пика справа.**

Примечание

Перед поиском должен быть назначен активный маркер.

В круговых координатах поиск производится по первому значению маркера.

6.1.7.3 Поиск целевого уровня

Функция поиска целевого уровня находит положение маркера, соответствующие заданному (целевому) уровню измеряемой величины (рисунок 6.7).

В точках пересечения линии целевого уровня, график функции может иметь два типа перехода:

- положительный, если производная функции (наклон графика) в точке пересечения целевого уровня больше нуля;
- отрицательный, если производная функции (наклон графика) в точке пересечения целевого уровня меньше нуля.

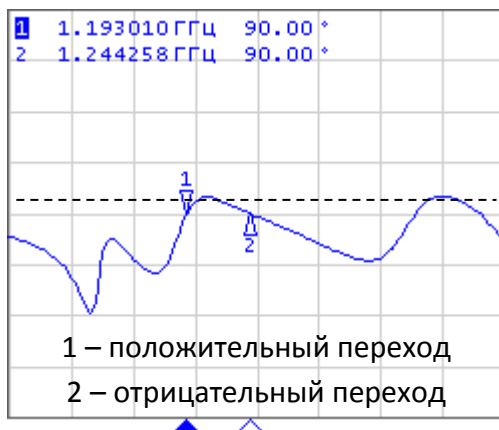
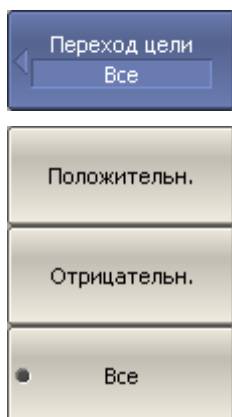


Рисунок 6.7 Поиск целевого уровня

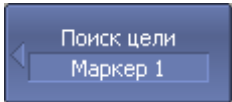
В поиске участвуют не все точки пересечения графика с целевым уровнем, а только те, которые имеют определенную пользователем полярность перехода (положительную, отрицательную, или обе полярности).

Возможны следующие варианты функции поиска целевого уровня:

- Поиск ближайшей цели;
- Поиск цели слева;
- Поиск цели справа.



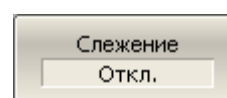
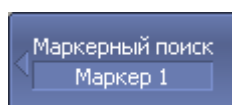
Для установки полярности перехода – нажмите программные кнопки **Маркеры > Маркерный поиск > Целевое значение > Переход цели > Положительн. | Отрицательн. | Все.**

 	<p>Для ввода значения целевого уровня – нажмите программные кнопки Маркеры > Маркерный поиск > Целевое значение > Значение цели.</p> <p>Затем введите значение целевого уровня с цифровой клавиатуры или используйте клавиши «↑», «↓» и вращающуюся ручку.</p>
	<p>Для поиска положения ближайшей цели – нажмите программные кнопки Маркеры > Маркерный поиск > Целевое значение > Поиск цели.</p>
	<p>Для поиска целевого значения слева от маркера – нажмите программные кнопки Маркеры > Маркерный поиск > Целевое значение > Поиск цели слева.</p>
	<p>Для поиска целевого значения справа от маркера – нажмите программные кнопки Маркеры > Маркерный поиск > Целевое значение > Поиск цели справа.</p>
 	<p>Включение / отключение индикации линии цели осуществляется программными кнопками Маркеры > Маркерный поиск > Целевое значение > Линия цели.</p> <p>Программная кнопка Отключить все линии цели отключает индикацию линий всех маркеров одновременно.</p>
<p>Примечание</p>	<p>Перед поиском должен быть назначен активный маркер.</p> <p>В круговых координатах поиск производится по первому значению маркера.</p>

6.1.7.4 Режим слежения

По умолчанию осуществляется однократный поиск после нажатия на любую кнопку поиска. Режим слежения служит для непрерывного поиска положения маркера, пока данный режим не будет отключен.

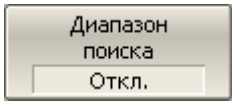
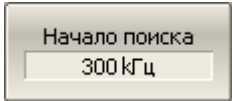
Для включения / отключения режима слежения – нажмите программные кнопки **Маркеры > Маркерный поиск > Слежение.**



6.1.7.5 Ограничение диапазона поиска

При осуществлении поиска положения маркеров возможно ограничить диапазон поиска заданными границами стимула. Данная функция обладает следующими дополнительными возможностями:

- Включение связанности границ – функция устанавливающая единые границы поиска для всех графиков канала;
- Включение индикации границ поиска в виде вертикальных линий.

 	<p>Для включения / отключения диапазона поиска – нажмите программные кнопки Маркеры > Маркерный поиск > Диапазон поиска.</p>
 	<p>Для ввода границ диапазона поиска – нажмите программные кнопки Маркеры > Маркерный поиск > Начало поиска Конец поиска.</p>
	<p>Для включения / отключения функции связанности границ поиска – нажмите программные кнопки Маркеры > Маркерный поиск > Связность.</p>
	<p>Для включения / отключения индикации границ поиска – нажмите программные кнопки Маркеры > Маркерный поиск > Линии диап. поиска.</p>

6.1.8 Маркерные вычисления

Маркерные вычисления – это функции, использующие маркеры для вычисления различных характеристик графика. В маркерные вычисления входят четыре функции:

- Статистика;
- Поиск полосы;
- Неравномерность;
- Полосовой фильтр.

6.1.8.1 Статистика

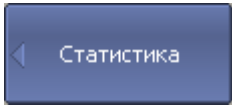
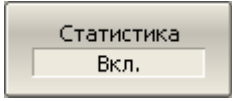
Функция *статистики* вычисляет и индицирует следующие параметры графика: среднее значение, стандартное отклонение, фактор пик-пик. Диапазон вычисления может быть ограничен, для ограничения используются два маркера (рисунок 6.8).



Рисунок 6.8 Статистика

Таблица 6.2 Определение статистических параметров

Обозначение	Определение	Формула
сред	Среднее арифметическое	$M = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N x_i$
ст.отк	Стандартное отклонение	$\sqrt{\frac{1}{N-1} \cdot \sum_{i=1}^N (x_i - M)^2}$
п-п	Фактор пик-пик: разность между максимальным и минимальным значением	Max – Min

	<p>Для включения / отключения статистики – нажмите программные кнопки Маркеры > Маркерные вычисления > Статистика > Статистика.</p>
	
	<p>Для включения / отключения ограничения диапазона статистики – нажмите программные кнопки Маркеры > Маркерные вычисления > Статистика > Диапазон стат.</p>
	<p>Для изменения номеров маркеров, которые служат границами диапазона статистики – нажмите программные кнопки Маркеры > Маркерные вычисления > Статистика > Начало стат. </p>
	<p>Конец стат.</p>

6.1.8.2 Поиск полосы

Функция осуществляет поиск полосы пропускания или заграждения и индицирует следующие параметры полосы: ширина полосы, центр, нижняя и верхняя частота среза, добротность, потери (рисунок 6.9). Символами F1 и F2 на рисунке обозначены верхняя и нижняя частота среза, соответственно.

Поиск полосы производится относительно опорной точки. Опорной точкой служит либо максимум графика, либо активный маркер, по выбору пользователя. Относительно значения графика в опорной точке определяются верхняя и нижняя частоты среза, в которых значение графика уменьшается на заданный пользователем *уровень поиска полосы* (обычно –3 дБ).

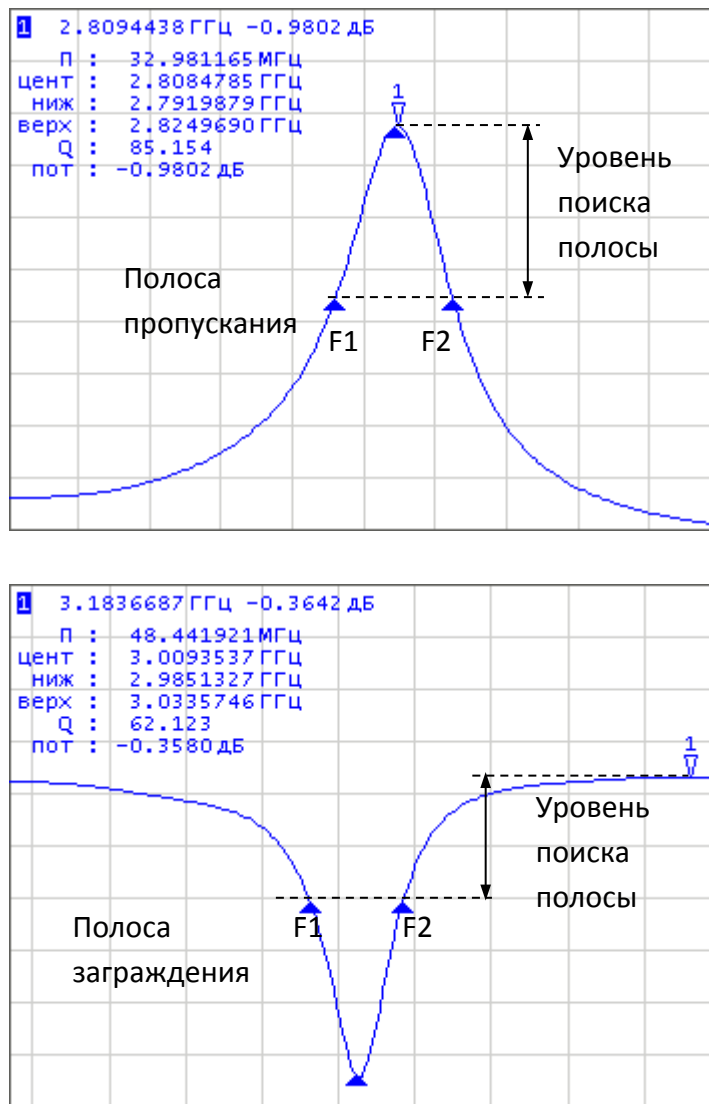


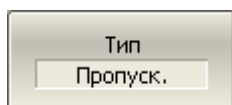
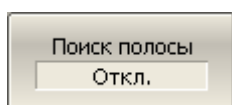
Рисунок 6.9 Поиск полосы

Таблица 6.3 Определение параметров полосы

Наименование параметра	Обозначение	Определение	Формулы
Полоса пропускания	П	Разность между верхней и нижней частотой среза	$F2 - F1$
Центральная частота полосы пропускания	цент	Среднее значение между верхней и нижней частотой среза	$(F1+F2)/2$
Нижняя частота среза	ниж	Нижняя частота пересечения графика и уровня определения полосы пропускания	$F1$
Верхняя частота среза	верх	Верхняя частота пересечения графика и уровня определения полосы пропускания	$F2$
Добротность	Q	Отношение центральной частоты к полосе пропускания	цент / П
Потери	пот	Значение графика в опорной точке поиска полосы	–

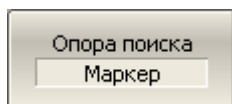


Для включения / отключения функции поиска полосы – нажмите программные кнопки **Маркеры > Маркерные вычисления > Поиск полосы > Поиск полосы.**



Задайте тип полосы программными кнопками **Маркеры > Маркерные вычисления > Поиск полосы > Тип.**

Тип и надпись на кнопке переключается между состояниями «Пропуск.» и «Загражд.».



Задайте опору поиска программными кнопками **Маркеры > Маркерные вычисления > Поиск полосы > Опора поиска.**

Тип и надпись на кнопке переключается между состояниями «Макс.» и «Маркер».

Уровень полосы

-3 дБ

Для ввода значения уровня определения полосы – нажмите программные кнопки **Маркеры > Маркерные вычисления > Поиск полосы > Уровень полосы**.

6.1.8.3 Неравномерность

Функция *неравномерности* вычисляет и индицирует следующие параметры графика: усиление, наклон, неравномерность. Функция неравномерности использует два маркера для задания диапазона расчета параметров (рисунок 6.10).

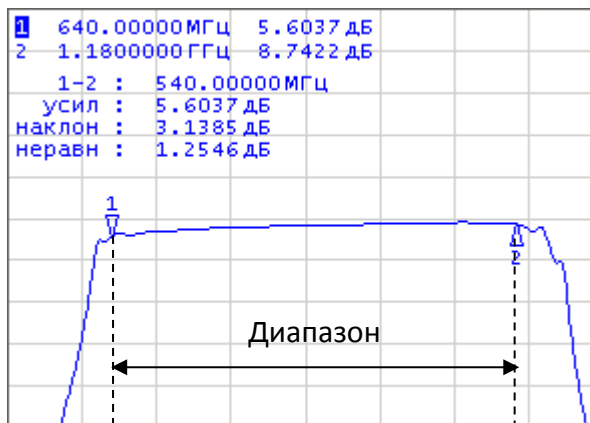


Рисунок 6.10 Функция неравномерности

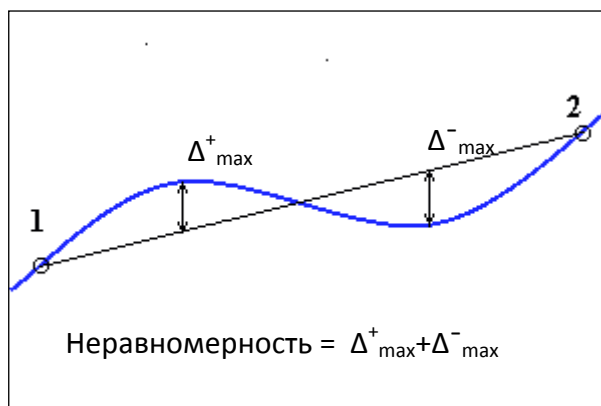
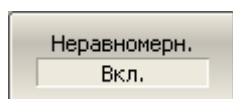


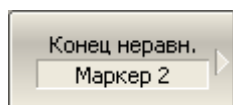
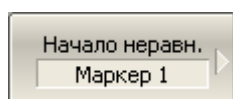
Рисунок 6.11 Определение неравномерности

Таблица 6.4 Определение параметров функции неравномерности

Наименование	Обозначение	Определение
Усиление	усил	Значение маркера 1.
Наклон	наклон	Разность между значениями маркера 2 и маркера 1.
Неравномерность	неравн	Находятся максимумы отклонений в "плюс" и в "минус" от прямой линии, соединяющей маркеры 1 и 2. Неравномерность определяется как их сумма (рисунок 6.11).



Для включения / отключения функции неравномерности – нажмите программные кнопки **Маркеры > Маркерные вычисления > Неравномерн > Неравномерн.**



Для изменения номеров маркеров, которые служат границами диапазона неравномерности – нажмите программные кнопки **Маркеры > Маркерные вычисления > Неравномерн > Начало неравн | Конец неравн.**

6.1.8.4 Полосовой фильтр

Функция *полосовой фильтр* вычисляет и индицирует следующие параметры фильтра: потери, фактор пик-пик в полосе пропускания, величину заграждения в полосе заграждения. Границы полосы пропускания задаются первой парой маркеров, границы полосы задержания задаются второй парой маркеров (рисунок 6.12).

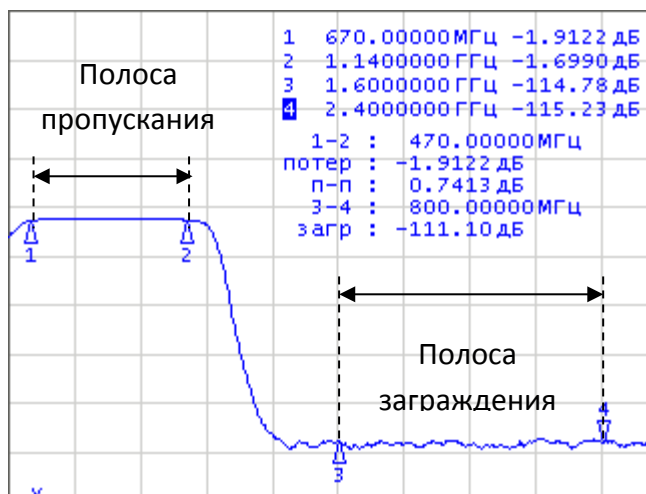
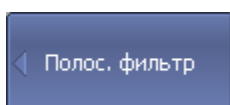


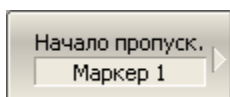
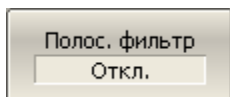
Рисунок 6.12 Функция полосовой фильтр

Таблица 6.5 Определение параметров функции полосовой фильтр

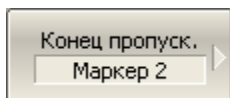
Наименование	Обозначение	Определение
Потери в полосе пропускания	потер	Минимальное значение в полосе пропускания.
Фактор пик-пик в полосе пропускания	п-п	Разность между максимумом и минимумом в полосе пропускания.
Заграждение	загр	Разность между максимумом в полосе заграждения и минимумом в полосе пропускания.

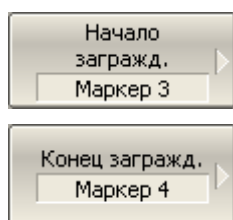


Для включения / отключения функции полосовой фильтр – нажмите программные кнопки **Маркеры > Маркерные вычисления > Полос.фильтр > Полос. фильтр.**



Для изменения номеров маркеров, которые служат границами полосы пропускания – нажмите программные кнопки **Маркеры > Маркерные вычисления > Полос.фильтр > Начало пропуск. | Конец пропуск.**





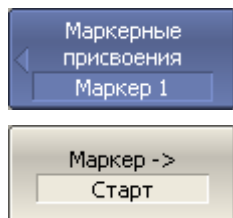
Для изменения номеров маркеров, которые служат границами полосы заграждения – нажмите программные кнопки **Маркеры > Маркерные вычисления > Полос.фильтр > Начало загражд. | Конец загражд.**

6.1.9 Функция установки параметров с помощью маркеров

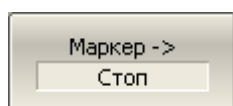
Функция позволяет устанавливать следующие параметры канала с помощью текущего положения маркеров:

- Нижняя граница диапазона стимула;
- Верхняя граница диапазона стимула;
- Центр диапазона стимула;
- Значение опорного уровня;
- Значение электрической задержки.

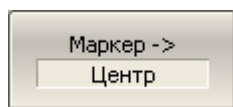
Перед использованием функций установки параметров назначьте активный маркер.



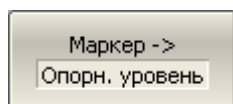
Для установки нижней границы диапазона стимула – нажмите программные кнопки **Маркеры > Маркерные присвоения > Маркер→ Старт.**



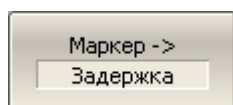
Для установки верхней границы диапазона стимула – нажмите программные кнопки **Маркеры > Маркерные присвоения > Маркер→ Стоп.**



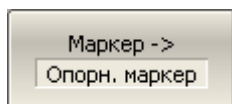
Для установки центра диапазона стимула – нажмите программные кнопки **Маркеры > Маркерные присвоения > Маркер→ Центр.**



Для установки величины опорного уровня – нажмите программные кнопки **Маркеры > Маркерные присвоения > Маркер→ Опорный уров.**



Для установки величины электрической задержки – нажмите программные кнопки **Маркеры > Маркерные присвоения > Маркер→ Задержка.**



Для перемещения опорного маркера в точку активного маркера – нажмите программные кнопки **Маркеры > Маркерные присвоения > Маркер→ Опорн. маркер.**

6.2 Функция памяти графиков

Для каждого графика измеренных данных, который отображается на экране, предусмотрен связанный с ним график памяти. График памяти имеет тот же цвет, что и основной график, но его яркость уменьшена в два раза¹.

График памяти запоминается из текущего измерения в момент нажатия кнопки запоминания графиков. После запоминания графика памяти, автоматически включается индикация двух графиков – данных и памяти. Пользователь имеет возможность настроить индикацию графиков. Строка состояния графика отображает данную настройку:

- **Д&П** – индицируются оба графика данных и памяти;
- **П** – индицируется только график памяти;
- **Откл** – индикация отключена для обоих графиков;
- Пустое поле – индицируется только график данных.

График памяти наследует следующие установки графика данных, изменение которых ведет к **стиранию** памяти:

- диапазон частот;
- число точек;
- тип сканирования.

График памяти использует общие установки с графиком памяти, изменение которых действуют на оба графика:

- формат;
- масштаб;

¹ Пользователь имеет возможность изменить цвет и яркость графиков памяти и данных произвольным образом (см. настройки индикации).

- сглаживание;
- электрическая задержка.

На график памяти не влияют следующие установки графика данных, произведенные после запоминания:

- изменение мощности при сканировании частоты;
- изменение частоты при сканировании по мощности;
- выбор измерения (S-параметра);
- полоса ПЧ;
- усреднение;
- калибровка.

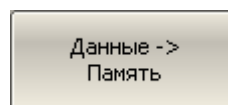
График памяти можно использовать для осуществления математических операций между ним и графиком данных. При этом результат математической операции замещает график данных. Математические операции над памятью и данными осуществляются как над комплексными числами. Предусмотрены четыре математические операции:

Данные / Память	Деление измеряемых данных на память. Строка состояния графика содержит: Д/П.
Данные * Память	Умножение измеряемых данных на память. Строка состояния графика содержит: Д*П.
Данные – Память	Вычитание памяти из измеряемых данных. Строка состояния графика содержит: Д–П.
Данные + Память	Сложение измеряемых данных и памяти. Строка состояния графика содержит: Д+П.

6.2.1 Порядок запоминания графиков

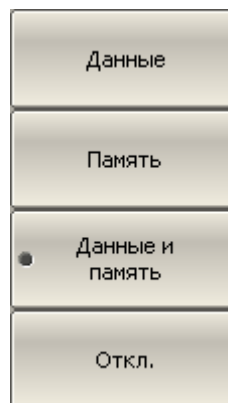
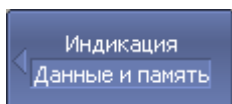
Функция памяти графиков применима к отдельным графикам канала. Перед использованием данной функции выберите активный график.

Для запоминания графика – нажмите программные кнопки **Индикация > Данные-> Память.**



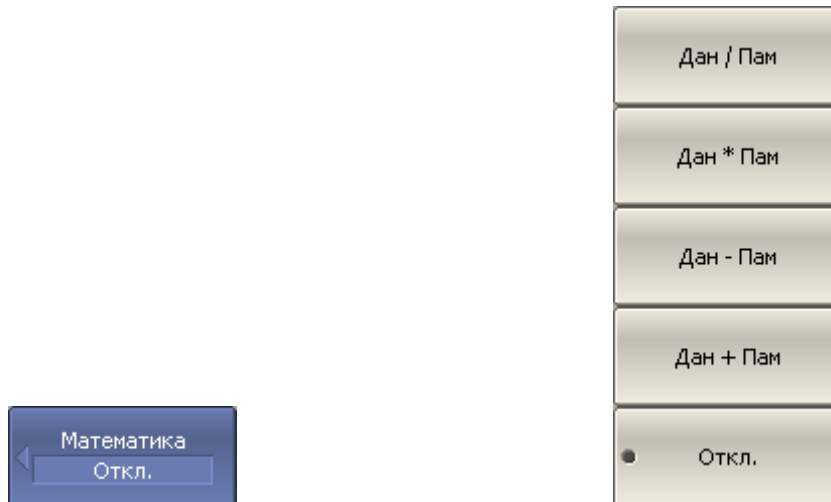
6.2.2 Настройка индикации графиков

Для выбора графиков для индикации – нажмите программные кнопки **Индикация > Индикация > Данные | Память | Данные и память | Откл.**



6.2.3 Порядок выполнения математических операций

Для выполнения математических операций – нажмите программные кнопки
Индикация > Математика > Дан / Пам | Дан * Пам | Дан – Пам | Дан + Пам | Откл.



6.3 Моделирование оснастки

Моделирование оснастки – это программная функция моделирования условий измерения, которые отличаются от реальных условий измерения. Она включает моделирование следующих условий:

для небалансных цепей –

- Преобразование импеданса порта;
- Исключение цепи;
- Встраивание цепи;
- Встраивание или исключение четырёхпортовых цепей¹;

для балансных цепей –

- Небалансно – балансные преобразования¹.

Логическая схема функции моделирования оснастки представлена на рисунке 6.13. Схема обработки данных функции моделирования оснастки представлена на рисунке 6.14.

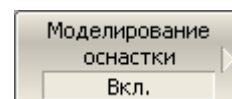
¹ – доступно только для четырёхпортовых анализаторов.



Рисунок 6.14 Схема обработки данных при моделировании оснастки

Перед моделированием оснастки выберите активный канал. Функции моделирования оснастки действуют для всех графиков канала.

Для перехода к функциям моделирования оснастки – нажмите программные кнопки **Анализ > Моделирование оснастки**.



Примечание

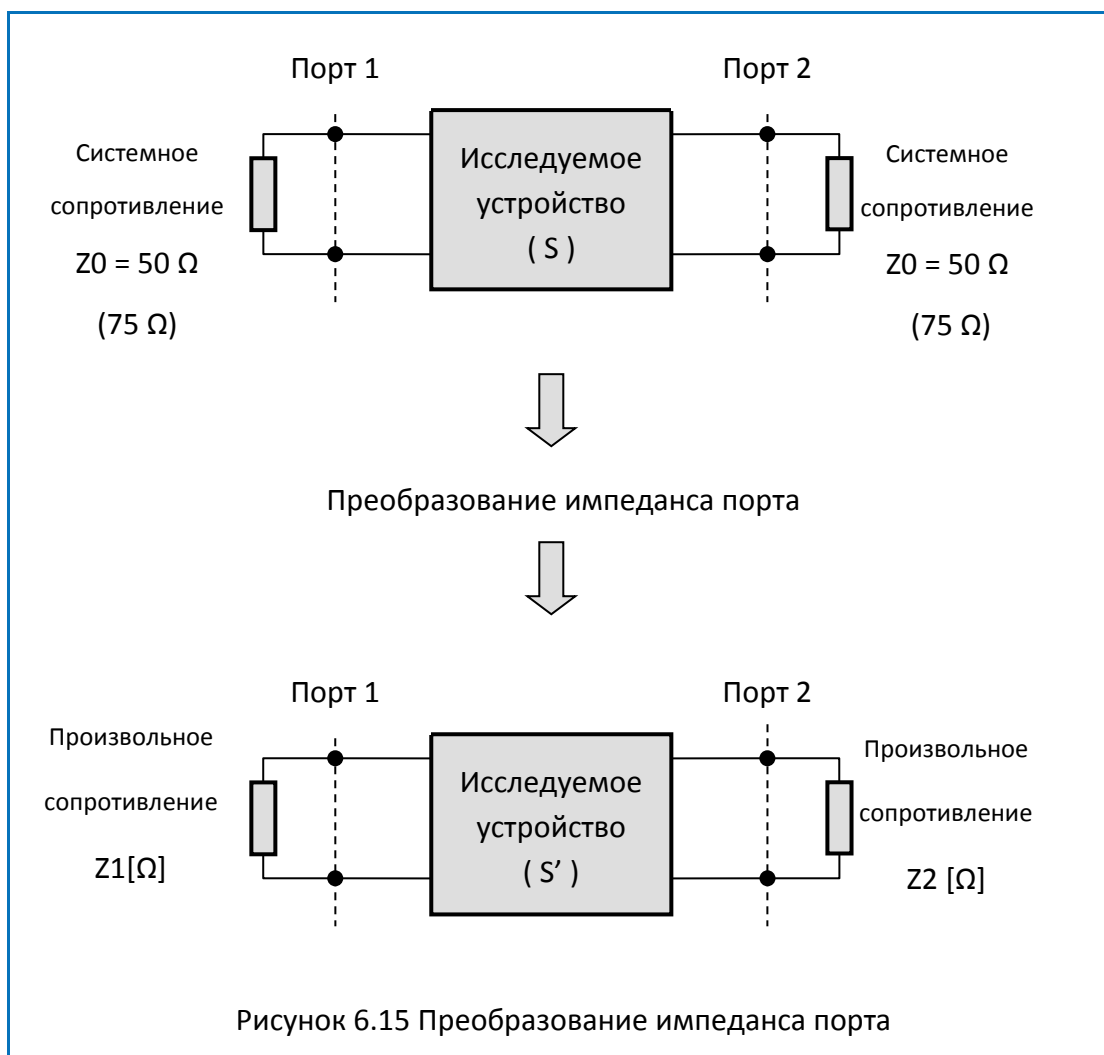
Надписи на кнопке **Моделирование оснастки** означают:
«Вкл.» – включена хотя бы одна из функций моделирования.
«Откл.» – отключены все функции моделирования.

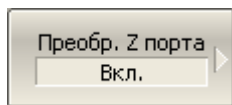
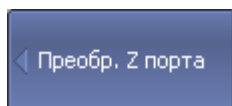
6.3.1 Преобразование импеданса порта

Преобразование импеданса порта – это функция преобразования S-параметров при моделировании изменения волнового сопротивления портов (рисунок 6.15).

Примечание

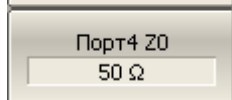
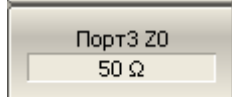
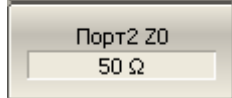
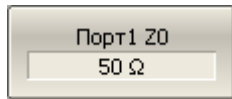
Значение импеданса измерительного порта определяется в процессе калибровки. Оно определяется значением волнового сопротивления используемого комплекта калибровочных мер, и устанавливается в пользователем в соответствии с разделом 5.2.17.





Для включения / отключения функции преобразования импеданса порта – нажмите программные кнопки:

Анализ > Моделирование оснастки > Преобр. Z порта > Преобр. Z порта.



Для ввода значения моделируемого импеданса порта 1, 2 – нажмите программные кнопки:

Анализ > Моделирование оснастки > Преобр. Z порта > Порт1 Z0 | Порт2 Z0.

Для ввода значения моделируемого импеданса порта 3, 4 (только для четырехпортовых анализаторов) – нажмите программные кнопки:

Анализ > Моделирование оснастки > Преобр. Z порта > Порт3 Z0 | Порт4 Z0.

6.3.2 Исключение цепи

Исключение цепи – это функция преобразования S-параметров при исключении из результатов измерений влияния некоторой цепи.

Исключаемая цепь должна быть определена своими S-параметрами в файле данных. Исключаемая цепь должна быть определена как четырехполюсник в файле формата Touchstone(расширение .s2p), который содержит таблицу S-параметров: S_{11} , S_{21} , S_{12} , S_{22} для ряда частот.

Функция исключения цепи позволяет математически исключить влияние на результат измерения оснастки, которая включена между плоскостью калибровки и исследуемым устройством. Оснастка используется для подключения устройств, которые не могут быть непосредственно подключены к измерительному порту.

Функция исключения цепи смещает плоскость калибровки в направлении исследуемого устройства так, как если бы калибровка была проведена с учетом этой исключаемой цепи (рисунок 6.16).

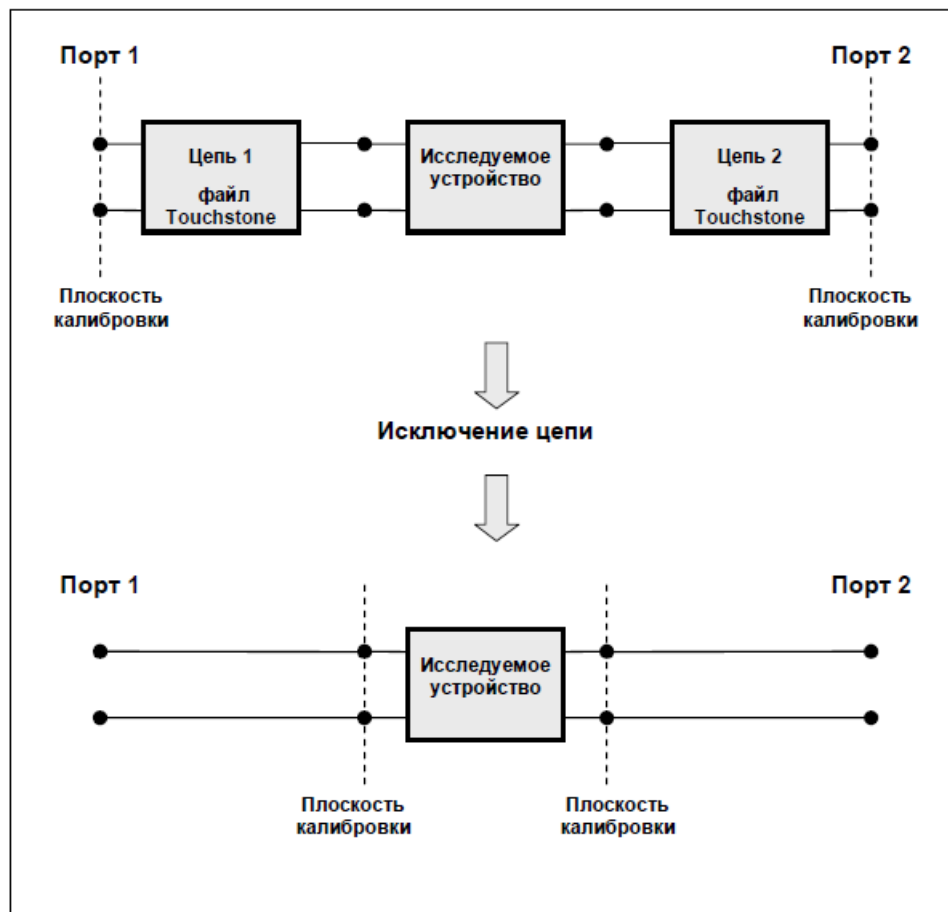
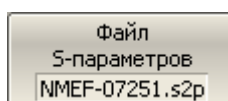
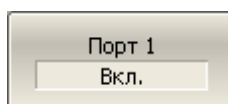
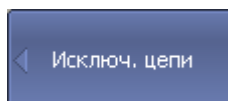


Рисунок 6.16 Исключение цепи

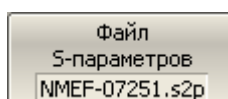
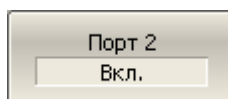


Для включения / отключения функции исключения цепи для порта 1 – нажмите программные кнопки:

Анализ > Моделирование оснастки > Исключ. цепи > Порт 1.

Для ввода имени файла S-параметров исключаемой цепи для порта 1 – нажмите программные кнопки:

Анализ > Моделирование оснастки > Исключ. цепи > Файл S-параметров.



Для включения / отключения функции исключения цепи для порта 2 – нажмите программные кнопки:

Анализ > Моделирование оснастки > Исключ. цепи > Порт 2.

Для ввода имени файла S-параметров исключаемой цепи для порта 2 – нажмите программные кнопки:

Анализ > Моделирование оснастки > Исключ. цепи > Файл S-параметров.

Примечание

Если файл S-параметров для порта не указан – соответствующая кнопка включения данной функции не доступна.

6.3.3 Встраивание цепи

Встраивание цепи – это функция преобразования S-параметров при моделировании добавления некоторой цепи (рисунки 6.14, 6.15). Функция встраивания цепи является обратной по отношению к функции исключения цепи.

Встраиваемая цепь должна быть определена через файл данных, содержащий S-параметры этой цепи. Цепь должна быть определена как четырехполюсник в файле формата Touchstone (расширение .s2p), который содержит таблицу S-параметров: S11, S21, S12, S22 для ряда частот.

Функция встраивания цепи позволяет математически смоделировать параметры устройства после добавления согласующих цепей.

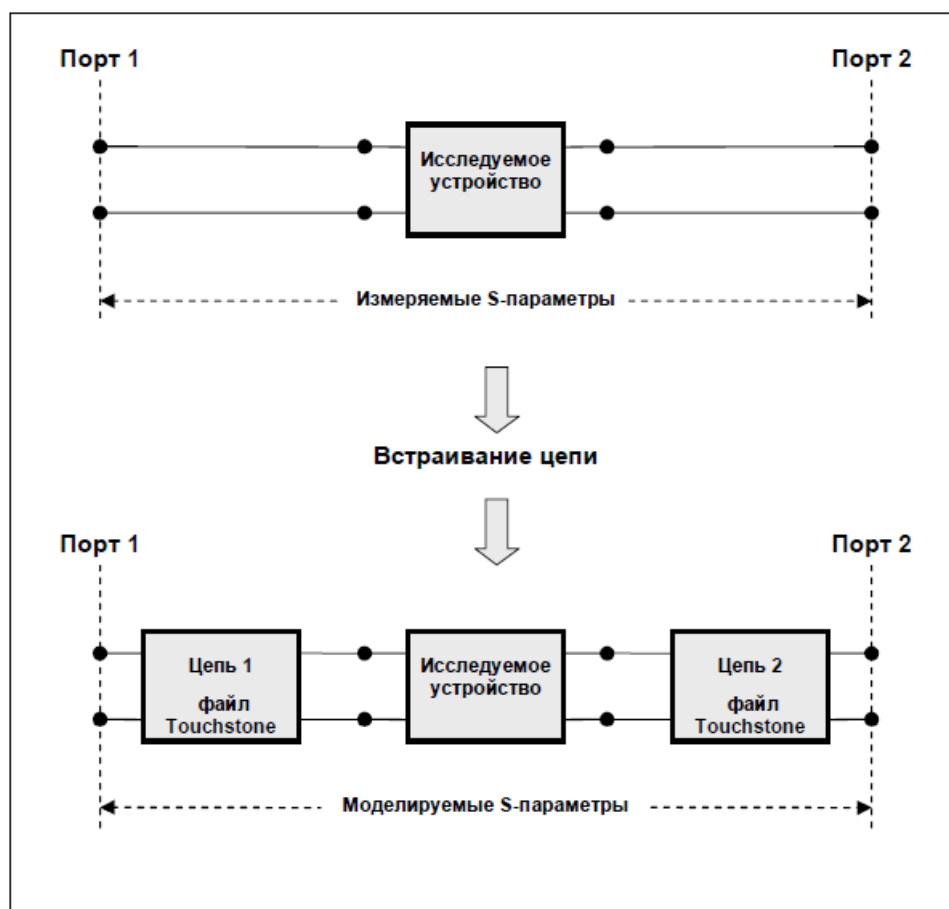
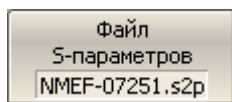
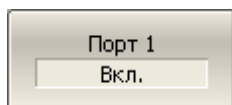
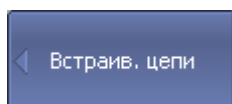


Рисунок 6.17 Встраивание цепи

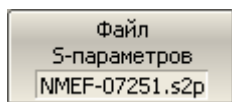
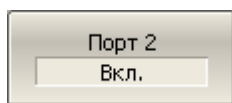
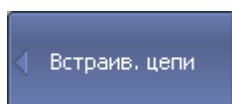


Для включения / отключения функции встраивания цепи для порта 1 – нажмите программные кнопки:

Анализ > Моделирование оснастки > Встраив. цепи > Порт 1.

Для ввода имени файла S-параметров встраиваемой цепи для порта 1 – нажмите программные кнопки:

Анализ > Моделирование оснастки > Исклуч. цепи > Файл S-параметров.



Для включения / отключения функции встраивания цепи для порта 2 – нажмите программные кнопки:

Анализ > Моделирование оснастки > Встраив. цепи > Порт 2.

Для ввода имени файла S-параметров встраиваемой цепи для порта 2 – нажмите программные кнопки:

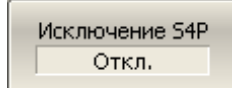
Анализ > Моделирование оснастки > Исклуч. цепи > Файл S-параметров.

Примечание

Если файл S-параметров для порта не указан – соответствующая кнопка включения данной функции не доступна.

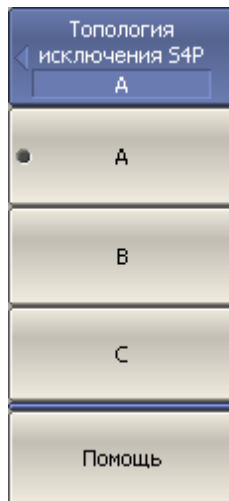
6.3.4 Встраивание или исключение четырехпортовых цепей

Эта функция преобразования S-параметров доступна только для четырехпортовых анализаторов и использует в качестве встраиваемой или исключаемой цепи четырёхпортовую цепь, заданную в виде файла формата Touchstone (расширение .s4p), который содержит таблицу S-параметров: S_{11} , S_{21} , S_{31} , S_{41} , S_{12} , S_{22} , S_{32} , S_{42} , S_{13} , S_{23} , S_{33} , S_{43} , S_{14} , S_{24} , S_{34} , S_{44} для ряда частот. Операции встраивания, исключения в этой функции взаимно исключают друг друга.



Чтобы включить/выключить функцию встраивания или исключения четырёхпортовых цепей нажмите программные кнопки:

Исключение S4P > Исключение S4P [Вкл. | Откл.]

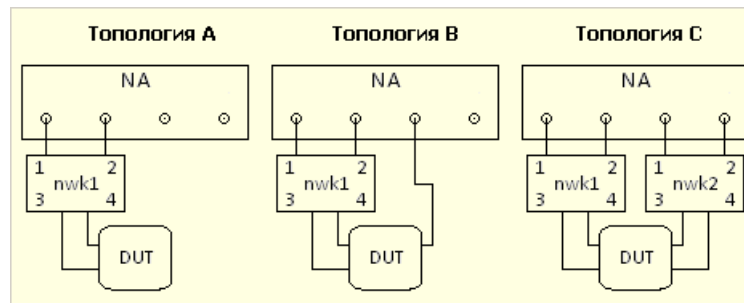


Выберите топологию расположения встраиваемой или исключаемой четырёхпортовой цепи нажав программные кнопки:

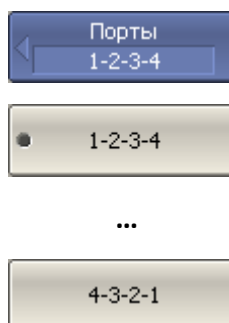
Топология исключения S4P > [А | В | С]

Для индикации выбранной топологии – нажмите программную кнопку:

Помощь¹



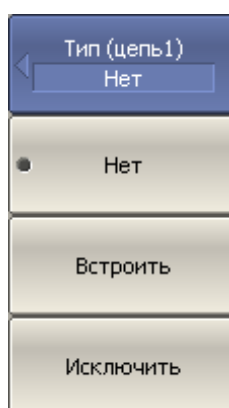
¹ nwk1, nwk2 встраиваемые или исключаемые цепи - цепь1 и цепь2 соответственно, NA - измеритель, DUT - измеряемое устройство.



Для выбора номеров портов, подключаемых к встраиваемой или исключаемой цепи, нажмите программные кнопки:

Порты > [1-2-3-4 | ... 4-3-2-1]

Примечание – доступный набор номеров портов зависит от выбранной топологии.



Для выбора операции с цепью **цепь1** и/или **цепь2** (смотри топологию) – нажмите программные кнопки:

Тип (цепь1) > [Нет | Встроить | Исключить]

Тип (цепь2) > [Нет | Встроить | Исключить]

Примечание – сначала укажите имя файла s4p для цепи **цепь1** и/или **цепь2**. Иначе кнопка выбора операции не переключится.

Файл (цепь1)
1.s4p

Файл (цепь2)
2.s4p

Для ввода имени файла S-параметров встраиваемой или исключаемой цепи s4p для цепи **цепь1** и/или **цепь2** – нажмите программные кнопки:

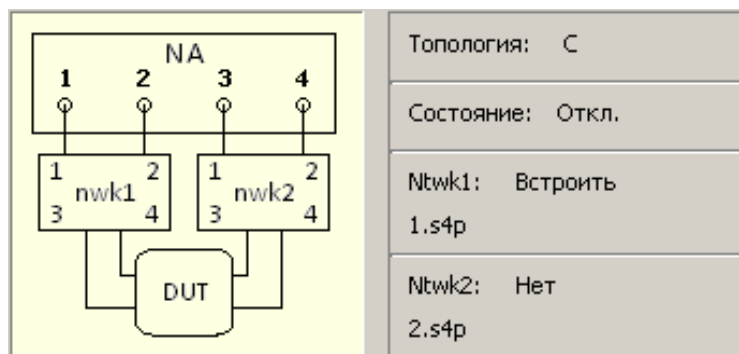
Файл (цепь1)

Файл (цепь2)

Помощь

Для индикации итоговой схемы с учётом топологии, номеров портов, операций и файлов – нажмите программную кнопку:

Помощь¹



¹ nwk1, nwk2 встраиваемые или исключаемые цепи - цепь1 и цепь2 соответственно, NA - измеритель, DUT - измеряемое устройство.

6.3.5 Измерения балансных цепей

6.3.5.1 Небалансно-балансные преобразования

Небалансно-балансные преобразования моделируют измерения в балансных схемах, используя результаты небалансных измерений. Таким образом, осуществляется оценка балансных параметров балансных цепей. Схема небалансно-балансного преобразования приведена на рисунке 6.18. Варианты балансных цепей доступных для оценки приведены на рисунке 6.19.

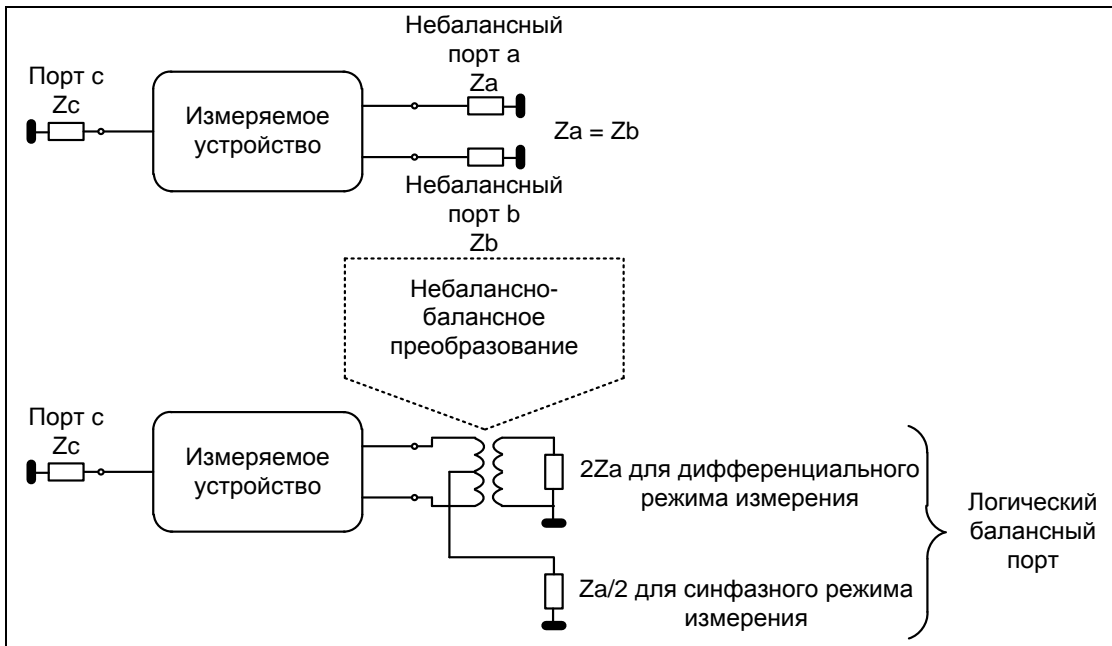
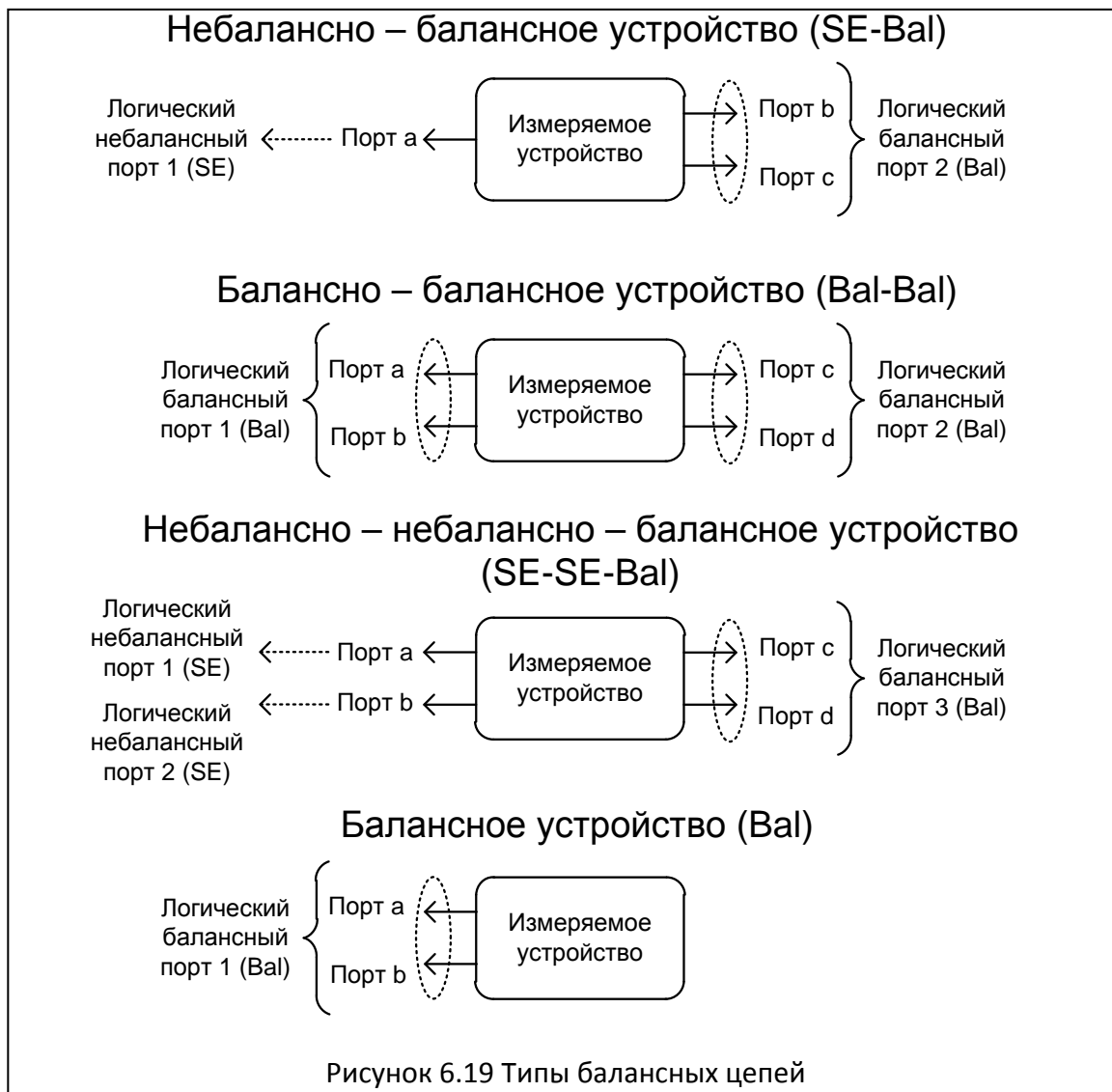
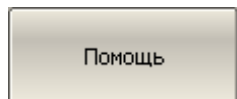
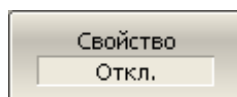
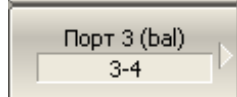
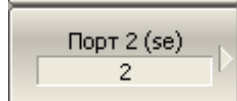
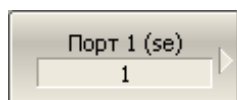
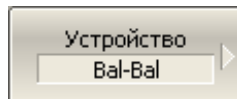


Рисунок 6.18 Схема небалансно-балансного преобразования



В отличие от других функций моделирования оснастки, функция небалансно-балансного преобразования отображается в активную трассу, а не в канал в целом. Перед использованием данной функции пользователь должен выбрать интересующую трассу в качестве активной.



Определите топологию подключения балансных цепей нажав программные кнопки:

Топология > Устройство > [SE-Bal | Bal-Bal | SE-SE-Bal | Bal]

Установите соответствие номеров портов анализатора логическим (балансным) портам нажав программные кнопки:

Порт 1 (se | bal)

Порт 2 (se | bal)

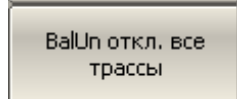
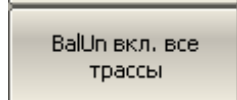
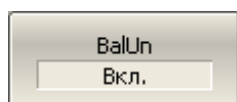
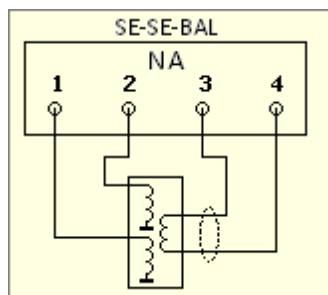
Порт 3 (bal)

Затем выберете номера портов анализатора подключаемые к выбранным логическим портам.

Для индикации соответствия номеров портов на экране нажмите кнопку: **Свойство**.

```
BALUN
1 SE
2 SE
3 }
4 } BAL
```

Для индикации схемы балансно-небалансного преобразование нажмите кнопку: **Помощь**.

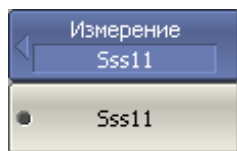


Включите функцию небалансно-балансного преобразования нажав программные кнопки:

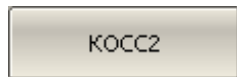
BalUn [Вкл. | Откл.] – для активной трассы

BalUn вкл. все трассы – включить для всех трасс

BalUn откл. Все трассы – выключить для всех трасс.



...



Выберите измеряемый балансный параметр для каждой трассы в отдельности, нажав кнопки:

Measurement > [Sss11 | ... КОСС2].

Примечание – доступный набор балансных параметров зависит от выбранной топологии. Подробнее балансные параметры описаны в следующем разделе.

6.3.5.2 Балансные параметры

Функция небалансно-балансных преобразований вычисляет и индицирует следующие параметры:

- Балансные S-параметры;
- Параметры дисбаланса;
- Параметры коэффициентов ослабления синфазной составляющей.

Формат членов матрицы балансных S-параметров.

S_{xyAB}, где:

B – номер логического порта источника;

A – номер логического порта приёмника;

y – режим измерений логического порта источника;

x – режим измерений логического порта приёмника.

x, y кодируют режимы измерений логических портов (рисунок 6.18, рисунок 6.19):

s – небалансный режим измерений;

d – дифференциальный режим измерений;

c – синфазный режим измерения.

Таким образом каждый член в матрице балансных S-параметров:

$$S_{xyAB} = \frac{\text{Mode } x \text{ input signal at port } A}{\text{Mode } y \text{ output signal at port } B}$$

Ниже даны четыре определения матрицы балансных S-параметров для четырех топологий балансных цепей.

Матрица балансных S-параметров для небалансно-балансной цепи (SE-Bal).

<i>Режим логического порта</i>	Источник	Небалансный	Дифференциальный	Синфазный
Приемник	<i>Номер логического порта</i>	1	2	2
Небалансный	1	Sss11	Ssd12	Ssc12
Дифференциальный	2	Sds21	Sdd22	Sdc22
Синфазный	2	Scs21	Scd22	Sc22

Матрица балансных S-параметров для балансно-балансной цепи (Bal-Bal).

<i>Режим логического порта</i>	Источник	Дифференциальный		Синфазный	
Приемник	<i>Номер логического порта</i>	1	2	1	2
Дифференциальный	1	Sdd11	Sdd12	Sdc11	Sdc12
	2	Sdd21	Sdd22	Sdc21	Sdc22
Синфазный	1	Scd11	Scd12	Sc21	Sc22
	2	Scd21	Scd22	Sc21	Sc22

Матрица балансных S-параметров для небалансно-небалансно-балансной цепи (SE-SE-Bal).

Режим логического порта	Источник	Небалансный		Дифференциальный	Синфазный
		1	2		
Приемник	Номер логического порта			3	3
Небалансный	1	Sss11	Sss12	Ssd13	Ssc13
Небалансный	2	Sss21	Sss22	Ssd23	Ssc23
Дифференциальный	3	Sds31	Sds32	Sdd33	Sdc33
Синфазный	3	Scs31	Scs32	Scd33	Scs33

Матрица балансных S-параметров для балансной цепи (Bal).

Режим логического порта	Источник	Дифференциальный	Синфазный
Приемник	Номер логического порта	1	1
Дифференциальный	1	Sdd11	Sdc11
Синфазный	1	Scd1	Scs11

Другим способом представления результата измерений балансных устройств является представление параметров дисбаланса цепи. На рисунке приведены функции вычисления параметров дисбаланса для следующих трёх типов балансных цепей. Обратите внимание, что для вычисления параметров дисбаланса используются только небалансные данные.

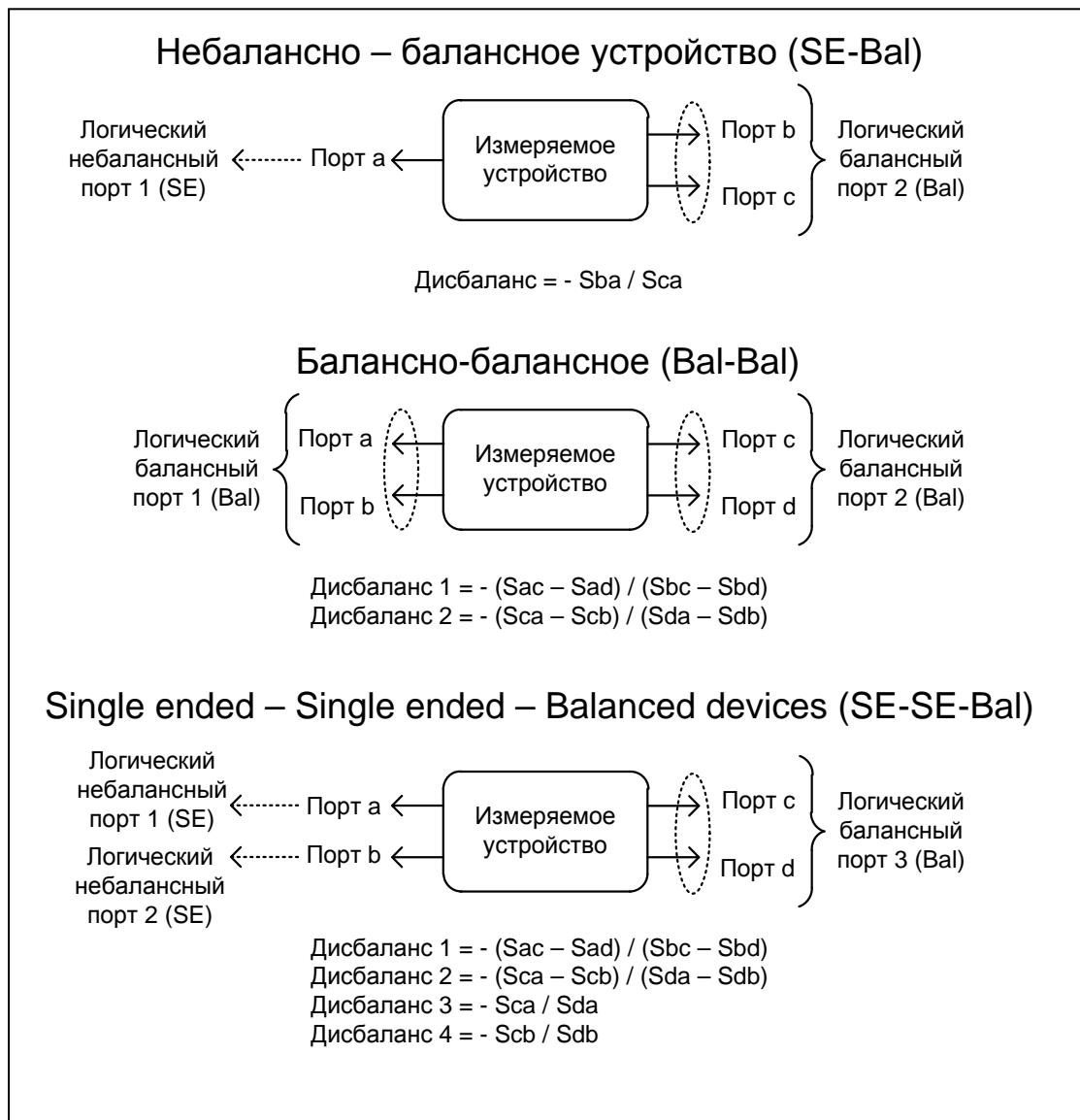


Рисунок 6.20 Параметра дисбаланса

Удобным способом оценки параметров балансных цепей, является представление их с помощью коэффициентов ослабления синфазной составляющей (КОСС - CMRR). Эти коэффициенты вычисляются после проведения небалансно-балансных преобразований из балансных S-параметров.

Для небалансно-балансных цепей:

$$\text{КОСС1} = S_{ds21} / S_{cs21};$$

$$\text{КОСС2} = S_{sd12} / S_{sc12}.$$

Для балансно-балансных цепей:

$$\text{КОСС} = S_{dd21} / S_{cc21}.$$

Для небалансно-небалансных-балансных цепей:

$$K_{OCC1} = S_{ds31} / S_{cs31};$$

$$K_{OCC2} = S_{ds32} / S_{cs32}.$$

6.4 Временная область

Временная область – это функция преобразования измеряемых характеристик цепи в частотной области в отклик цепи во временной области.

Для преобразования во временную область используется Z– преобразование частотных данных предварительно умноженных на функцию окна.

Функция применяется к отдельным графикам канала. Частотная характеристика устройства, отображаемая на графике (S_{11} , S_{21} , S_{12} , S_{22}) преобразуется во временную область.

Примечание

В канале могут одновременно присутствовать графики в частотной и временной области. Оцифровка оси стимулов дается для активного графика – в единицах частоты или времени.

Функция преобразования позволяет устанавливать диапазон измерения во временной области в пределах периода однозначности Z– преобразования. Период однозначности ΔT определяется шагом измерения в частотной области:

$$\Delta T = \frac{1}{\Delta F}; \quad \Delta F = \frac{F_{\max} - F_{\min}}{N - 1}.$$

Функция временной области позволяет выбрать тип преобразования:

- **Режим радиосигнала** – моделирует отклик цепи на импульсный радиосигнал. Позволяет получать временной отклик цепей, не пропускающих постоянный ток. В этом режиме диапазон частот может выбираться произвольно. Разрешающая способность во временной области в два раза ниже, чем в следующем режиме;

- **Режим видеосигнала** – моделирует отклик цепи на видеоимпульс или видеоперепад. Подходит для цепей, пропускающих постоянный ток, при этом значение постоянной составляющей (в точке $F = 0$ Гц) интерполируется исходя из измерения в начальной частоте диапазона с частотой F_{\min} . В этом режиме диапазон частот должен представлять собой гармонический ряд – частоты в точках измерения должны быть кратны начальной частоте диапазона F_{\min} . Разрешающая способность во временной области в два раза выше, чем в предыдущем режиме.

Функция временной области использует окно Кайзера для предварительной обработки данных в частотной области. Использование окна позволяет уменьшить паразитные биения (боковые лепестки) во временной области, вызванные резким изменением данных на границах диапазона частотной области. Платой за уменьшение боковых лепестков является расширение длительности главного лепестка отклика на импульсный сигнал или увеличение длительности фронта реакции на видеоперепад.

Окно Кайзера имеет числовой параметр β , который плавно регулирует форму окна от минимальной (прямоугольной) до максимальной. Пользователь имеет возможность плавной регулировки формы окна с помощью числового параметра β , либо он может выбрать одно из трех фиксированных типов окон:

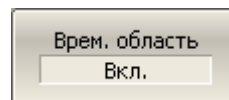
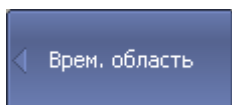
- **Минимальное** (прямоугольное);
- **Нормальное**;
- **Максимальное**.

Таблица 6.6 Характеристики фиксированных видов окон

Окно	Видеоимпульс		Видеоперепад	
	Уровень боковых лепестков	Длительность импульса	Уровень боковых лепестков	Длительность фронта
Минимальное	- 13 дБ	$\frac{0.6}{F_{\max} - F_{\min}}$	- 21 дБ	$\frac{0.45}{F_{\max} - F_{\min}}$
Нормальное	- 44 дБ	$\frac{0.98}{F_{\max} - F_{\min}}$	- 60 дБ	$\frac{0.99}{F_{\max} - F_{\min}}$
Максимальное	- 75 дБ	$\frac{1.39}{F_{\max} - F_{\min}}$	- 70 дБ	$\frac{1.48}{F_{\max} - F_{\min}}$

6.4.1 Включение преобразования временной области

Для включения / отключения преобразования временной области – нажмите программные кнопки **Анализ > Врем. Область > Врем. область**.

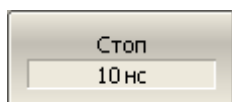
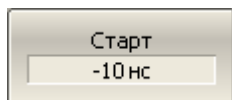
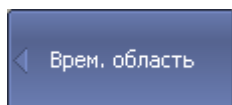


Примечание

Функция временной области доступна только для линейного режима сканирования частоты.

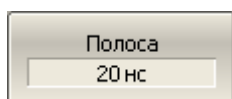
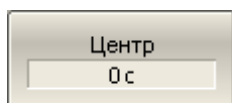
6.4.2 Установка диапазона преобразования

При установке диапазона преобразования во временной области, возможно указать верхнюю и нижнюю границы, либо указать центр и полосу диапазона.



Для указания нижней и верхней границы временной области – нажмите программные кнопки:

Анализ > Врем. Область > Старт | Стоп.



Для указания центра и полосы диапазона временной области – нажмите программные кнопки:

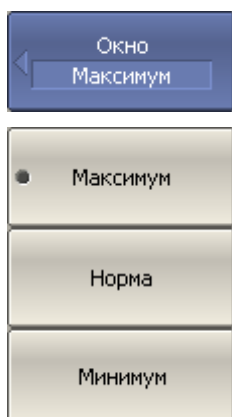
Анализ > Врем. Область > Центр | Полоса.

6.4.3 Установка типа преобразования

Для выбора типа преобразования временной области – нажмите программные кнопки **Анализ > Врем. Область > Тип > Радиосигнал | Видеоимпульс | Видеоперепад.**

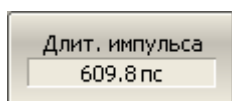


6.4.4 Установка вида окна



Для установки типа окна – нажмите программные кнопки:

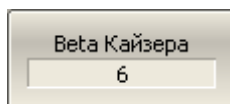
Анализ > Врем. Область > Окно > Минимум | Норма | Максимум.



Для установки окна, соответствующего указанной длительности импульса или длительности фронта перепада – нажмите программные кнопки:

Анализ > Врем. Область > Окно > Длит.импульса.

Пределы значений зависят от установок диапазона частот. Нижний предел соответствует значению, реализуемому при минимальном (прямоугольном) окне. Верхний предел соответствует значению, реализуемому при максимальном окне.



Для установки окна, соответствующего указанной параметру β фильтра Кайзера-Бесселя – нажмите программные кнопки:

Анализ > Врем. Область > Окно > Beta Кайзера.

Диапазон значений β – от 0 до 13. Минимальному окну соответствует – 0, нормальному – 6, максимальному – 13.

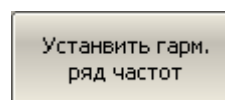
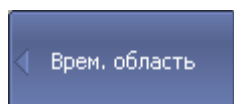
Примечание

Параметры длительность импульса и β фильтра Кайзера-Бесселя взаимозависимы. При установке одного из них – второй параметр устанавливается автоматически.

6.4.5 Преобразование диапазона частот к гармоническому виду

При использовании типов преобразования – видеоимпульс или видеоперепад, диапазон частот должен представлять собой гармонический ряд частот. Частоты в точках измерения должны быть кратны начальной частоте диапазона F_{min} . Возможно автоматически преобразовать текущий диапазон частот к гармоническому виду.

Для автоматического преобразования текущего диапазона частот к гармоническому виду – нажмите программные кнопки **Анализ > Врем. Область > Установить гарм. ряд частот.**



Примечание

Преобразование диапазона частот производится следующим образом:

$$F_{max} > N \times 0.3 \text{ МГц}, F_{min} = F_{max} / N.$$

$$F_{max} < N \times 0.3 \text{ МГц}, F_{min} = 0.3 \text{ МГц}, F_{max} = N \times 0.3 \text{ МГц}$$

6.5 Селекция во временной области

Селекция во временной области – это функция математического устранения нежелательных откликов во временной области. Функция использует преобразование во временную область, вырезает заданную пользователем часть временной области, и использует обратное преобразование для возврата в частотную область. Функция позволяет устранить из частотной характеристики устройства паразитные влияния

устройств подключения, если полезный сигнал и паразитный сигнал во временной области разделены.

Примечание

Используйте функцию *временной области* для принятия решения о локализации во временной области полезного и паразитного отклика. Затем включите *временную селекцию* и установите границы временного окна для наилучшего устранения паразитного отклика. В заключение отключите функцию временной области для получения частотной характеристики устройства без паразитных влияний.

Функция использует два типа окна временной селекции:

- *полосовой* – удаляет отклик за пределами временного окна;
- *режекторный* – удаляет отклик внутри временного окна.

Окно прямоугольной формы приводит к появлению паразитных осцилляций (боковых лепестков) в частотной области из – за резких изменений сигнала на границах окна. Для уменьшения боковых лепестков применяются различные формы окна:

- максимальная;
- широкая;
- нормальная;
- минимальная.

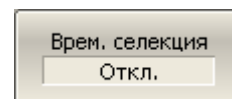
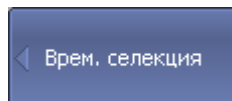
Минимальное окно имеет форму приближенную к прямоугольной, – максимальное наиболее сглаженное по форме окно. При движении от минимального окна к максимальному – уменьшается уровень боковых лепестков, и одновременно падает разрешающая способность окна. Выбор формы окна – всегда является компромиссом между разрешающей способностью и уровнем паразитных боковых лепестков. Характеристики различных форм окон, применяемых в функции временной селекции приведены в таблице 6.7.

Таблица 6.7 Характеристики окон временной селекции

Форма окна	Видеоимпульс Уровень боковых лепестков	Разрешающая способность (минимальная длительность окна)
Минимальное	– 48 дБ	$\frac{2.8}{F_{\max} - F_{\min}}$
Нормальное	– 68 дБ	$\frac{5.6}{F_{\max} - F_{\min}}$
Широкое	– 57 дБ	$\frac{8.8}{F_{\max} - F_{\min}}$
Максимальное	– 70 дБ	$\frac{25.4}{F_{\max} - F_{\min}}$

6.5.1 Включение временной селекции

Для включения и отключения преобразования временной области – нажмите программные кнопки **Анализ > Врем. селекция > Врем. селекция**.

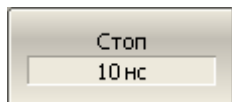
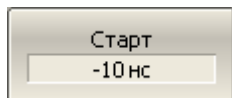
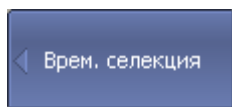


Примечание

Функция временной селекции доступна только при линейном режиме сканирования частоты.

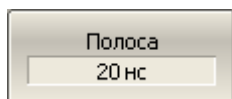
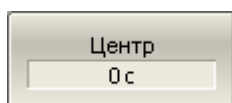
6.5.2 Установка границ окна временной селекции

При установке границ окна временной селекции, возможно указать верхнюю и нижнюю границы, либо указать центр и полосу окна.



Для указания нижней и верхней границы окна временной селекции – нажмите программные кнопки:

Анализ > Врем. селекция > Старт | Стоп.

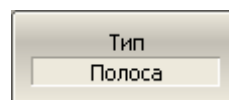
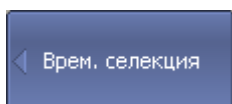


Для указания центра и полосы окна временной селекции – нажмите программные кнопки:

Анализ > Врем. селекция > Центр | Полоса.

6.5.3 Установка типа окна временной селекции

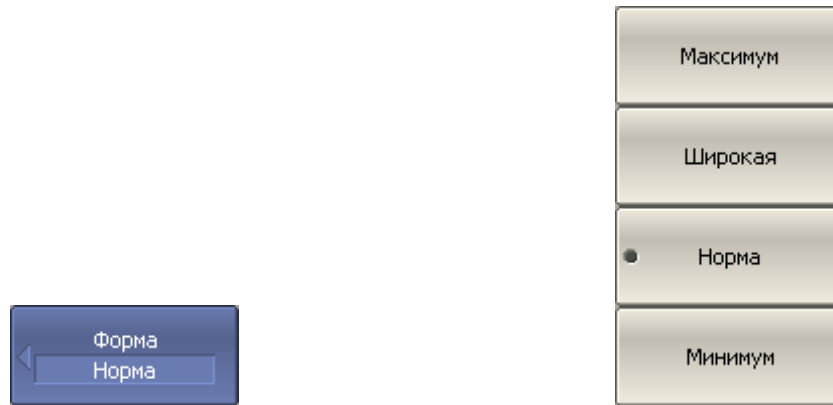
Для выбора типа окна временной селекции – нажмите программные кнопки **Анализ > Врем. селекция > Тип.**



Тип окна переключается между **Полоса** и **Режектор**.

6.5.4 Установка формы окна временной селекции

Для установки формы окна временной селекции – нажмите программные кнопки **Анализ > Врем. селекция > Форма > Минимум | Норма | Широкая | Максимум.**



6.6 Преобразование S-параметров

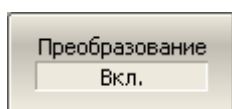
Данный раздел описывает преобразование измеряемых S-параметров:

Вид преобразования	Формулы
Импеданс отражения (Z_r)	$Z_r = Z_{0a} \cdot \frac{1 + S_{aa}}{1 - S_{aa}},$
Проводимость отражения (Y_r)	$Y_r = \frac{1}{Z_r}$
Импеданс передачи (Z_t)	$Z_t = \frac{2 \cdot \sqrt{Z_{0a} \cdot Z_{0b}}}{S_{ab}} - (Z_{0a} + Z_{0b}),$
Импеданс передачи (Y_t)	$Y_t = \frac{1}{Z_t}$
Обратный S-параметр	$\frac{1}{S_{ab}}$
Эквивалентная проводимость шунта линии передачи (Y_{tsh})	$Y_{tsh} = \frac{2 \cdot \sqrt{Y_{0a} \cdot Y_{0b}}}{S_{ab}} - (Y_{0a} + Y_{0b})$
Эквивалентный импеданс шунта линии передачи (Z_{tsh})	$Z_{tsh} = \frac{1}{Y_{tsh}},$
Комплексное сопряжение	S_{ab}^*
<p>где:</p> <p>Z_{0a} – характеристический импеданс (волновое сопротивление) порта а, Z_{0b} – характеристический импеданс (волновое сопротивление) порта b, S_{ab} – измеряемый S-параметр (а, b – номер порта).</p> $Y_{0a} = \frac{1}{Z_{0a}}, \quad Y_{0b} = \frac{1}{Z_{0b}}.$	

Примечание

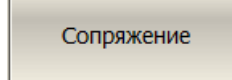
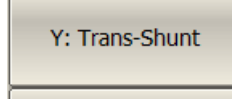
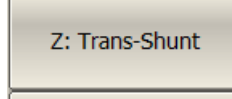
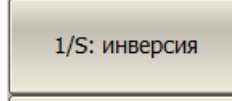
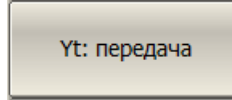
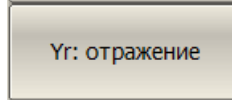
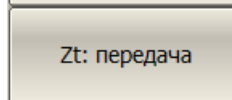
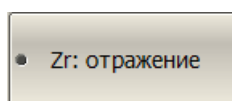
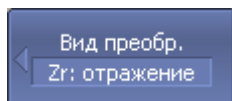
Формулы для Z_r , Z_t , Y_r , Y_t являются приближенными. Общий метод преобразования S – параметров в Z , Y , H , T , $ABCD$ – параметры представлен в следующем пункте. Причиной использования приближенного метода является скорость измерения, так как для расчетов используется один S – параметр, тогда как для общего метода требуется измерение полной матрицы S -параметров.

Функция преобразования применима к отдельным графикам канала. Перед использованием данной функции выберите активный график.



Для включения / отключения преобразования – нажмите программные кнопки:

Анализ > Преобразование > Преобразование.



Для выбора вида преобразования – нажмите программные кнопки:

Анализ > Преобразование > Вид преобр > Zr: отражение | Zt: передача | Yr: отражение | Yt: передача | 1/S: инверсия | Z: Trans-Shunt | Y: Trans-Shunt | Сопряжение.

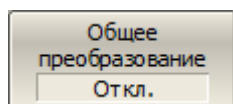
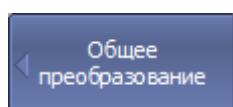
Примечание

Вид преобразования индицируется в строке состояния графика, если он включен.

6.7 Общее преобразование S-параметров в Z, Y, T, H, ABCD - параметры

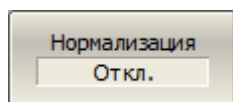
Данный раздел описывает наиболее общий метод преобразования S-параметров в Z, Y, T, H, ABCD – параметры. Метод верен для комплексных и уникальных значений импеданса портов. Z, Y, H, ABCD – параметры могут быть представлены как в натуральном, так и в нормализованном виде. Метод описан в работе: DeanA. Frickey "Conversions Between S, Z, Y, h, ABCD, and T Parameters which are Valid for Complex Source and Load Impedances".

Функция применима к каналу в целом. Перед использованием данной функции выберите активный канал.



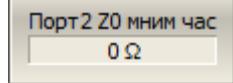
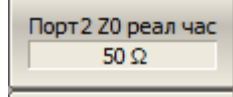
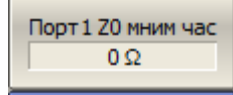
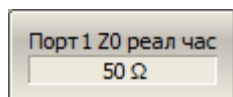
Для включения / отключения общего преобразования – нажмите программные кнопки:

Анализ > Общее преобразование > Общее преобразование.



Для включения / отключения нормализации Z, Y, H, ABCD параметров– нажмите программные кнопки:

Анализ > Общее преобразование > Нормализация.



Укажите комплексный импеданс портов, если отличается от 50Ω:

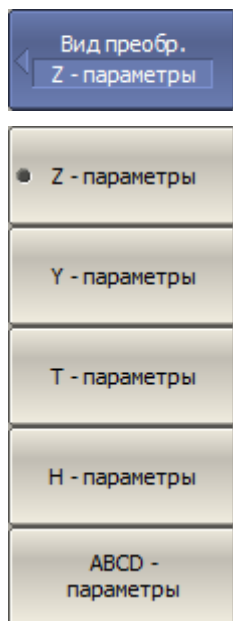
Анализ > Общее преобразование >

Порт 1 Z0 реал часть;

Порт 1 Z0 мним часть;

Порт 2 Z0 реал часть;

Порт 2 Z0 мним часть.



Для выбора вида преобразования – нажмите программные кнопки:

**Анализ > Общее преобразование > Вид преобр >
Z - параметры | Y - параметры | T - параметры |
H - параметры | ABCD – параметры.**

Примечание

В строке состояния графика индицируется **Преобр**, если включено общее преобразование.

6.8 Допусковый контроль

Допусковый контроль – это функция автоматического определения критерия «годен / брак» для графика измеряемых данных. Критерий основан на сравнении графика измеряемой величины с *линией пределов*.

Линия пределов состоит из одного или нескольких отрезков (рисунок 6.21). Каждый отрезок контролирует выход измеряемой величины за верхний или нижний предел. Отрезок задается координатами начала (X_0, Y_0) и конца (X_1, Y_1) и типом. Тип предела *MAX* или *MIN*, определяет контроль выхода за верхний или нижний предел, соответственно.

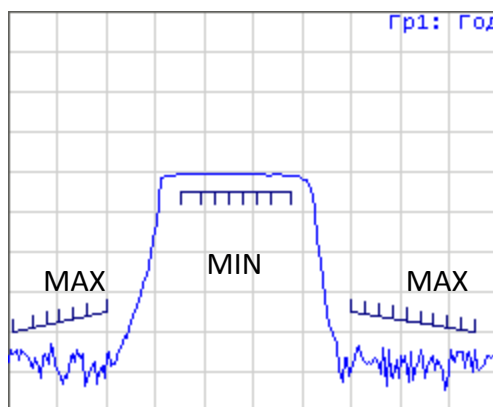


Рисунок 6.21 Линия пределов

Линия пределов задается пользователем в виде таблицы пределов. Каждая строка таблицы пределов определяет один отрезок. Редактирование таблицы пределов описано ниже. Таблица может быть сохранена на диске в файле *.lim, и затем загружена с диска.

Индикация линии пределов может быть включена либо отключена, независимо от состояния функции допускового контроля.

Результат допускового контроля индицируется в верхнем правом углу графика. В случае положительного результата испытания индицируется номер графика и символы **Гр1: Год(ен)**.

В случае отрицательного результата испытания предусмотрены следующие виды индикации (рисунок 6.22):

- В верхнем правом углу графика индицируется номер графика и символы **Гр1: Брак**;
- Знак «**Брак**» красного цвета в центре окна;
- На графике измеряемой величины индицируются красным цветом точки, не прошедшие контроль;
- Звуковая индикация.

Знак «**Брак**» и звуковая сигнализация могут быть отключены (порядок отключения звуковой сигнализации смотри раздел 8.5).

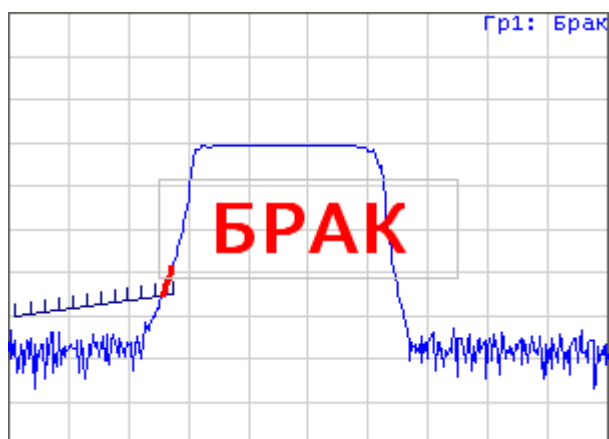


Рисунок 6.22 Индикация отрицательных результатов испытания

6.8.1 Редактирование таблицы пределов

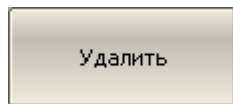
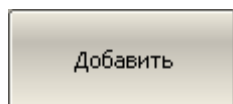
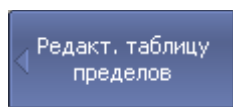
Для перехода к редактированию таблицы пределов– нажмите программные кнопки **Анализ > Допусковый контроль > Редакт. таблицу пределов.**



Переход в раздел меню редактирования таблицы пределов – открывает в нижней части экрана таблицу (рисунок 6.23). Выход из данного раздела меню – скрывает таблицу пределов.

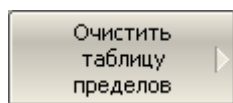
	Тип	Начальн. стим.	Конечн. стим.	Начальн. знач.	Конечн. знач.
1	MAX	50МГц	600МГц	-100дБ	-90дБ
2	MIN	1.2 ГГц	1.9 ГГц	-10 дБ	-10 дБ
3	MAX	2.5 ГГц	3.1 ГГц	-90 дБ	-90 дБ
4					

Рисунок 6.23 Таблица линии пределов

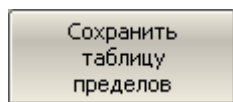


Для добавления новой строки– нажмите программную кнопку **Добавить**. Новая строка добавляется после выделенной строки.

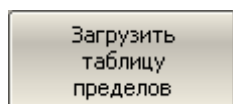
Для удаления строки– нажмите программную кнопку **Удалить**. Удаляется выделенная строка.



Для очистки всей таблицы– нажмите программную кнопку **Очистить таблицу пределов.**



Для сохранения таблицы на диске в файле *.lim– нажмите программную кнопку **Сохранить таблицу пределов.**



Чтобы загрузить таблицу с диска из файла *.lim– нажмите программную кнопку **Загрузить таблицу пределов.**

Перемещаясь по таблице с помощью клавиш навигации, введите значения параметров отрезка как показано ниже:

Тип	Выбирает тип отрезка из следующих вариантов: MAX – верхний предел MIN – нижний предел Откл. - отключен
Начальн. стим.	Значение стимула начальной точки отрезка
Конечн. стим.	Значение стимула конечной точки отрезка
Начальн. знач.	Значение измеряемой величины начальной точки отрезка
Конечн. знач.	Значение измеряемой величины конечной точки отрезка

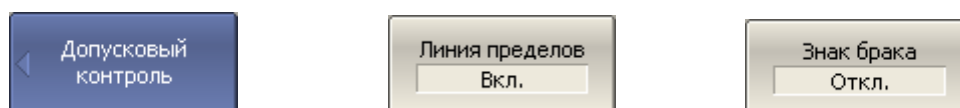
6.8.2 Порядок включения допускового контроля

Для включения функции допускового контроля– нажмите программные кнопки **Анализ > Допусковый контроль > Допусковый контроль.**



6.8.3 Настройка индикации допускового контроля

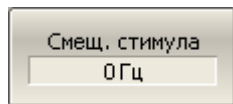
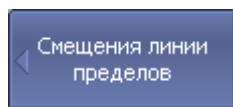
Для включения / отключения индикации *линии пределов*– нажмите программные кнопки **Анализ > Допусковый контроль > Линия пределов.**



Для включения / отключения индикации *знака брак* в центре окна– нажмите программные кнопки **Анализ > Допусковый контроль > Знак брака.**

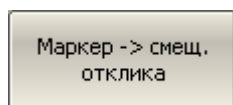
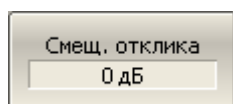
6.8.4 Смещения линии пределов

Функция смещения линии пределов позволяет смещать все сегменты линии пределов одновременно на заданную величину по оси стимула и оси отклика.



Для добавления смещения линии пределов по оси стимула – нажмите программные кнопки:

Анализ > Допусковый контроль > Смещения линии пределов > Смещ. стимула.



Для добавления смещения линии пределов по оси отклика – нажмите программные кнопки:

Анализ > Допусковый контроль > Смещения линии пределов > Смещ. отклика.

Смещение отклика можно установить из активного маркера, нажав кнопку

Анализ > Допусковый контроль > Смещения линии пределов > Маркер – > смещ. отклика.

6.9 Тест пульсаций

Тест пульсаций – это функция автоматического определения критерия «годен / брак» для графика измеряемых данных. Критерий основан на проверке величины пульсаций графика с помощью заданных пользователем *пределов пульсаций*. Пульсации определяются как разность между максимальным и минимальным значением графика в полосе частот.

Предел пульсаций состоит из одного или нескольких сегментов (рисунок 6.24), каждый из которых контролирует превышение уровня пульсаций в своей полосе частот. Сегмент задается полосой частот и предельным уровнем пульсаций.

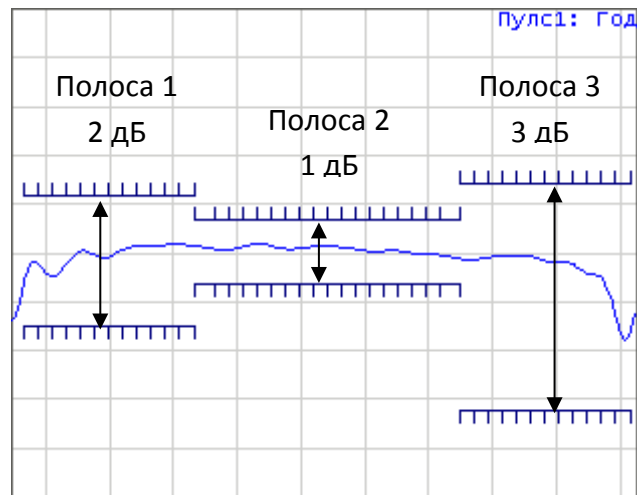


Рисунок 6.24 Пределы пульсаций

Предел пульсаций задается пользователем в виде таблицы. Каждая строка таблицы содержит полосу частот и предельный уровень пульсаций. Редактирование таблицы пределов описано ниже. Таблица может быть сохранена на диске в файле *.rlm, и затем загружена с диска.

Индикация линий пределов пульсаций может быть отключена пользователем.

Результат теста пульсаций индицируется в верхнем правом углу графика. В случае положительного результата испытания индицируется номер графика и символы **Пулс1: Год**(en).

В случае отрицательного результата испытания предусмотрены следующие виды индикации (рисунок 6.25):

- В верхнем правом углу графика индицируется номер графика и символы

Пулс1: Брак;

- Знак «**Брак**» красного цвета в центре окна;
- Звуковая индикация.

Знак «**Брак**» и звуковая сигнализация могут быть отключены (порядок отключения звуковой сигнализации смотри раздел 8.5).

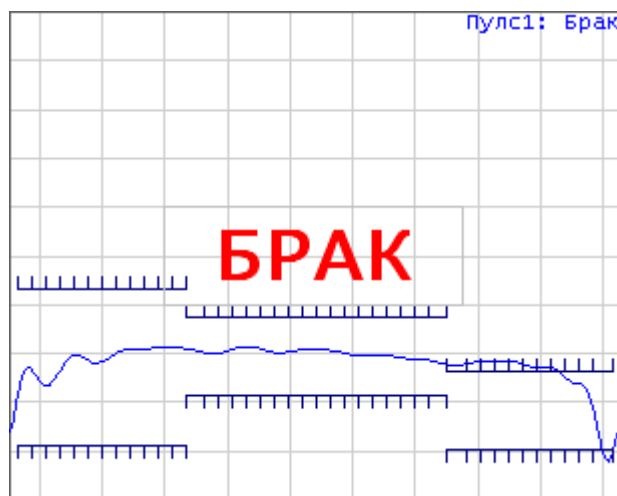


Рисунок 6.25 Индикация отрицательных результатов испытания

Индикация цифрового значения пульсаций может быть включена в строке теста пульсаций в правом верхнем углу (рисунок 6.26). Значение пульсаций индицируется для одной выбранной пользователем полосы. Индикация значения пульсаций может быть выбрана пользователем в двух видах: *абсолютное* значение или *запас до предела*.

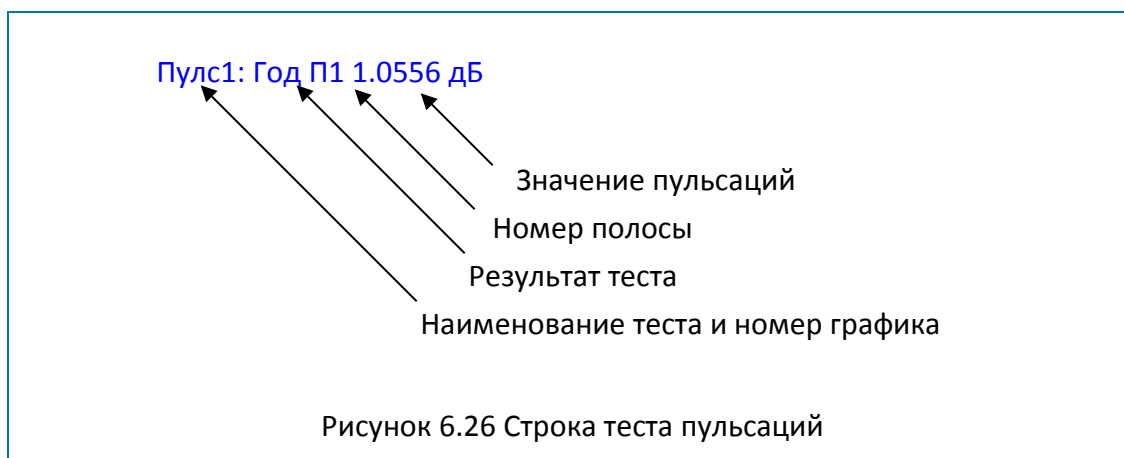


Рисунок 6.26 Строка теста пульсаций

6.9.1 Редактирование таблицы пределов пульсаций

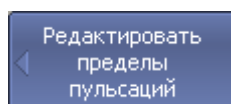
Для перехода к редактированию таблицы пределов пульсаций – нажмите программные кнопки **Анализ > Пределы пульсаций > Редактировать пределы пульсаций**.



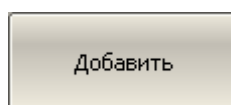
Переход в раздел меню редактирования таблицы пределов – открывает в нижней части экрана таблицу (рисунок 6.27). Выход из данного раздела меню – скрывает таблицу пределов пульсаций.

	Тип	Начальн. стим.	Конечн. стим.	Пределы пульсаций
1	Вкл.	640МГц	800МГц	2 дБ
2	Вкл.	800МГц	1.05 ГГц	1 дБ
3	Вкл.	1.05 ГГц	1.21 ГГц	3 дБ
4				

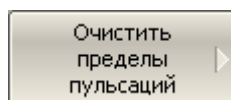
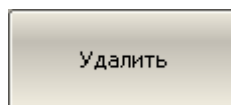
Рисунок 6.27 Таблица пределов пульсаций



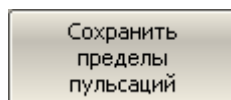
Для добавления новой строки – нажмите программную кнопку **Добавить**. Новая строка добавляется после выделенной строки.



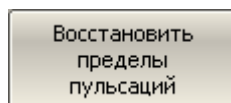
Для удаления строки – нажмите программную кнопку **Удалить**. Удаляется выделенная строка.



Для очистки всей таблицы – нажмите программную кнопку **Очистить пределы пульсаций**.



Для сохранения таблицы на диске в файле *.rlm – нажмите программную кнопку **Сохранить пределы пульсаций**.



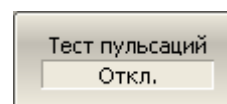
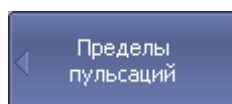
Чтобы загрузить таблицу с диска из файла *.rlm – нажмите программную кнопку **Загрузить пределы пульсаций**.

Перемещаясь по таблице с помощью клавиш навигации, введите значения параметров отрезка как показано ниже:

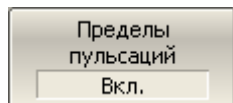
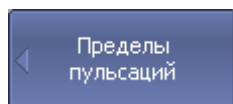
Тип	Выбирает тип сегмента: Вкл. – включен Откл. – отключен
Начальн. стим.	Значение стимула начальной точки сегмента
Конечн. стим.	Значение стимула конечной точки сегмента
Предел пульсаций	Значение предельной величины пульсаций

6.9.2 Порядок включения теста пульсаций

Для включения / отключения теста пульсаций– нажмите программные кнопки **Анализ > Пределы пульсаций > Тест пульсаций**.

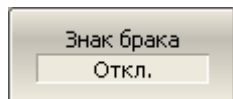


6.9.3 Настройка индикации теста пульсаций



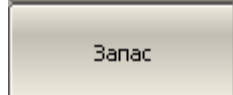
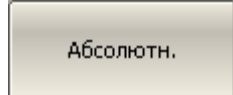
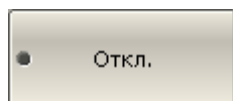
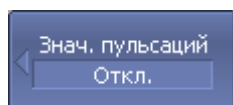
Для включения / отключения индикации *линии пределов пульсаций*– нажмите программные кнопки:

Анализ > Пределы пульсаций > Пределы пульсаций.



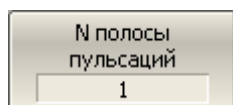
Для включения / отключения индикации *знака брак* в центре окна– нажмите программные кнопки:

Анализ > Пределы пульсаций > Знак брака.



Для включения или отключения индикации цифрового значения пульсаций– нажмите программные кнопки:

Анализ > Пределы пульсаций > Знач. пульсаций > Откл. | Абсолютн. | Запас.



Для установки номера полосы индикации значения пульсаций– нажмите программные кнопки:

Анализ > Пределы пульсаций > N полосы пульсаций.

7 Сохранение состояния и данных

7.1 Сохранение состояния анализатора

Установленные параметры анализатора, калибровка и измеряемые данные могут быть сохранены на диске в файле состояния анализатора, и затем повторно загружены в анализатор. Предусмотрено четыре типа сохранения состояния анализатора, описанные в таблице 7.1.

Таблица 7.1 Типы сохранения состояния анализатора

Тип сохранения	Сохраняемые данные
Состояние	Установленные параметры.
Состояние и калибровка	Установленные параметры и таблица калибровок.
Состояние и графики	Установленные параметры и графики данных ¹ .
Все	Установленные параметры, таблица калибровок и графики данных ¹ .

¹ При восстановлении состояния с запомненными графиками данных, запуск принудительно устанавливается в состояние «остановлено». Таким образом, графики данных не могут быть стерты вновь поступающими измерениями.

Параметры анализатора, сохраняемые в файле состояния – это параметры, которые могут быть установлены из следующих разделов меню программных кнопок:

- Все параметры раздела «**Стимул**»;
- Все параметры раздела «**Измерение**»;
- Все параметры раздела «**Формат**»;
- Все параметры раздела «**Масштаб**»;
- Все параметры раздела «**Фильтрация**»;
- Параметры раздела «**Индикация**», кроме подраздела «**Свойства индикации**»;
- Все параметры раздела «**Маркеры**»;
- Все параметры раздела «**Анализ**»;
- Параметр источник опорной частоты, раздела «**Система**».

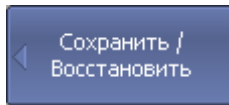
Предусмотрены три варианта наименования сохраняемого файла состояния:

Стандартное наименование *State01.sta...State10.sta*

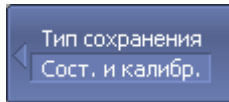
Наименование *Autorecall.sta* для автоматического восстановления состояния после запуска анализатора

Произвольное наименование

7.1.1 Порядок сохранения состояния

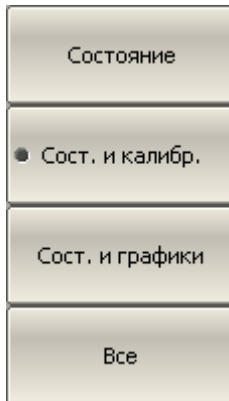
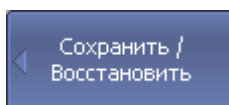
Выбор типа сохранения состояния

Для выбора типа сохранения состояния – нажмите программные кнопки:



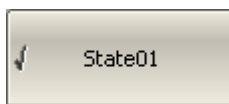
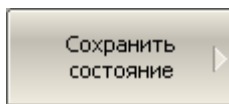
Сохранить/Восстановить > Тип сохранения>

Состояние | Сост. и калибр. | Сост. и графики | Все.

**Сохранение состояния**

Для сохранения состояния – нажмите программные кнопки:

Сохранить/Восстановить > Сохранить состояние.

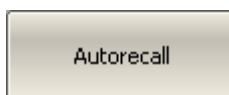


Для сохранения в одном из десяти файлов с фиксированными именами – нажмите кнопку **State01...State10.**

...

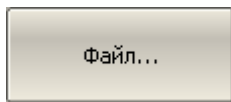


Отметка на кнопке слева от имени состояния означает, что состояние с таким номером уже сохранено.



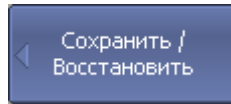
Для сохранения состояния, которое будет автоматически восстановлено после запуска анализатора – нажмите программную кнопку **Autorecall.**

Отметка на кнопке слева означает, что такое состояние уже сохранено.

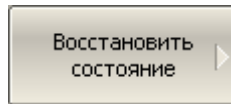


Для сохранения состояния в файле с произвольным именем – нажмите программную кнопку **Файл...**, которая открывает диалоговое окно выбора имени файла.

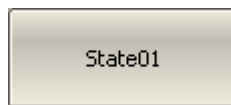
7.1.2 Порядок восстановления состояния



Для восстановления из файла состояния анализатора – нажмите программные кнопки:



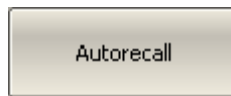
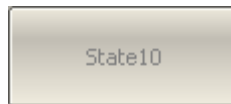
Сохранить/Восстановить > Восстановить состояние.



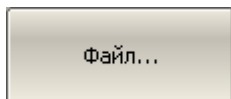
Нажмите одну из кнопок **State01...State10.**

Если состояние с конкретным номером не было сохранено, то соответствующая кнопка недоступна.

...



Возможно указать файл автоматического восстановления нажав программную кнопку **Autorecall.**



Для восстановления состояния из файла с произвольным именем – нажмите программную кнопку **Файл...**

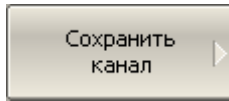
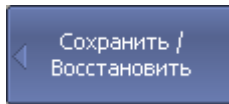
7.2 Сохранение состояния каналов

Состояние отдельных каналов может быть сохранено во внутренней памяти анализатора. Сохранение состояния канала аналогично сохранению состояния анализатора в целом, и на них действуют те же настройки типа сохранения, которые описаны в предыдущем разделе.

В отличие от сохранения состояния анализатора в целом, состояние канала сохраняется не на диске, а во внутренней памяти анализатора и стирается после выключения анализатора. Для хранения состояния канала служат четыре регистра памяти, обозначенные **A, B, C, D.**

Сохранение отдельных каналов полезно для быстрого копирования установок одного канала в другой.

7.2.1 Порядок сохранения состояния канала



Для сохранения состояния активного канала – нажмите программные кнопки:

Сохранить/Восстановить > Сохранить канал.



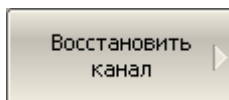
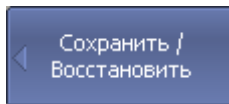
...



Для сохранения в одном из четырех регистров состояний нажмите кнопку **State A...State D**.

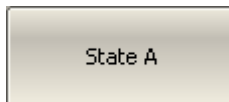
Отметка на кнопке слева от имени состояния означает, что состояние с таким номером уже сохранено.

7.2.2 Порядок восстановления состояния канала

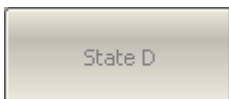


Для восстановления состояния активного канала – нажмите программные кнопки:

Сохранить/Восстановить > Восстановить канал.



...



Нажмите одну из кнопок **StateA...StateD**.

Если состояние с конкретным номером не было сохранено, соответствующая кнопка недоступна.

7.3 Сохранение данных графика

Анализатор позволяет сохранять данные отдельных графиков в файле типа *.csv (commaseparatedvalues). Файлы формата *.csv содержат цифровые данные, разделенные запятыми. Анализатор сохраняет в файле *.csv значения стимула графика и измеряемой величины в текущем формате.

В файле сохраняются измерения одного (активного) графика.

Анализатор сохраняет данные графика в файле *.csv в следующем формате:

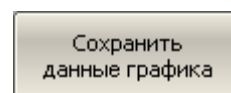
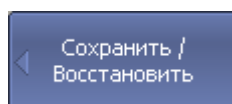
F[0],	Data1,	Data2
F[1],	Data1,	Data2
	. . .	
F[N],	Data1,	Data2

Где:

- F[n] –частота измерения в точке n;
- Data1 –значение графика в прямоугольных форматах, реальная часть в формате Вольперт-Смита и полярном;
- Data2 –нуль в прямоугольных форматах, мнимая часть в формате Вольперт-Смита и полярном.

7.3.1 Порядок сохранения данных графика

Для сохранения данных графика – нажмите программные кнопки **Сохранить / Восстановить > Сохранить данные графика**.



В открывшемся файловом диалоге введите имя файла.

Примечание

Перед сохранением данных графика выберите активный график.

7.4 Сохранение файлов данных формата Touchstone

Анализатор позволяет сохранить S-параметры устройства в файле типа Touchstone. Файл формата Touchstone содержит значения частот и S-параметров. Файлы этого формата являются стандартными для многих программных пакетов моделирования.

- Для сохранения всех шестнадцати S-параметров четырёхпортовых устройств служат файлы с расширением **.s4p*.
- Для сохранения всех девяти S-параметров трёхпортовых устройств служат файлы с расширением **.s3p*.
- Для сохранения всех четырех S-параметров двухпортовых устройств служат файлы с расширением **.s2p*.
- Для сохранения параметров однопортовых устройств (S_{11} или S_{22}) служат файлы с расширением **.s1p*.

В файле сохраняются измерения одного (активного) канала. Перед использованием данной функции выберите активный канал.

Примечание

При сохранении 2/3/4 портовых Touchstone файлов пользователь должен обеспечить работу в качестве источника сигнала всех задействованных портов. Это достигается использованием в канале полной 2/3/4 портовой калибровки, либо наличием в канале достаточного числа S-параметров. Например, для файла **.s4p* в канале достаточно иметь 4 трассы: S11, S12, S13, S14.

Файла типа Touchstone состоит из комментариев, заголовка и строк данных. Комментарии начинаются с символа «!». Заголовок начинается с символа «#».

Формат файла типа Touchstone для однопортовых измерений *.s1p:

```
! Comments

# HzS FMT R Z0

F[0] {S11}' {S11}"

F[1] {S11}' {S11}"

. . .

F[N] {S11}' {S11}"
```

Формат файла типа Touchstone для двухпортовых измерений *.s2p:

```
! Comments

# Hz S FMT R Z0

F[0] {S11}' {S11}" {S21}' {S21}" {S12}' {S12}" {S22}' {S22}"

F[1] {S11}' {S11}" {S21}' {S21}" {S12}' {S12}" {S22}' {S22}"

. . .

F[N] {S11}' {S11}" {S21}' {S21}" {S12}' {S12}" {S22}' {S22}"
```

Формат файла типа Touchstone для трехпортовых измерений *.s3p:

```
! Comments
# Hz S FMT R Z0
F[0]  {S11}' {S11}" {S12}' {S12}" {S13}' {S13}"
      {S21}' {S21}" {S22}' {S22}" {S23}' {S23}"
      {S31}' {S31}" {S32}' {S32}" {S33}' {S33}"
      . . .
F[N]  {S11}' {S11}" {S12}' {S12}" {S13}' {S13}"
      {S21}' {S21}" {S22}' {S22}" {S23}' {S23}"
      {S31}' {S31}" {S32}' {S32}" {S33}' {S33}"
```

Формат файла типа Touchstone для четырехпортовых измерений *.s4p:

```
! Comments
# Hz S FMT R Z0
F[0]  {S11}' {S11}" {S12}' {S12}" {S13}' {S13}" {S14}' {S14}"
      {S21}' {S21}" {S22}' {S22}" {S23}' {S23}" {S24}' {S24}"
      {S31}' {S31}" {S32}' {S32}" {S33}' {S33}" {S34}' {S34}"
      {S41}' {S41}" {S42}' {S42}" {S43}' {S43}" {S44}' {S44}"
      . . .
F[N]  {S11}' {S11}" {S12}' {S12}" {S13}' {S13}" {S14}' {S14}"
      {S21}' {S21}" {S22}' {S22}" {S23}' {S23}" {S24}' {S24}"
      {S31}' {S31}" {S32}' {S32}" {S33}' {S33}" {S34}' {S34}"
      {S41}' {S41}" {S42}' {S42}" {S43}' {S43}" {S44}' {S44}"
```

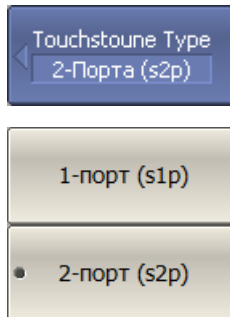
Где:

- Hz – единицы измерения частоты (kHz, MHz, GHz);
- FMT – формат данных:
 - RI – действительная и мнимая часть,
 - MA – линейная амплитуда и фаза в градусах,
 - DB – логарифмическая амплитуда в децибелах и фаза в градусах;
- Z0 – числовое значение системного сопротивления;
- F[n] – частота измерения в точке n;
- {...}' – {реальная часть (RI) | линейная амплитуда (MA) | логарифм. амплитуда (DB)};
- {...}" – {мнимая часть (RI) | фаза в градусах (MA) | фаза в градусах (DB)}.

7.4.1 Порядок сохранения файлов данных формата Touchstone

Для двухпортовых анализаторов:

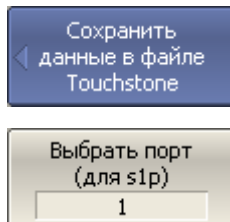
Выбор типа сохранения



Выберите тип сохранения, нажав программные кнопки:

Сохранить/Восстановить > Сохранить данные в файле Touchstone > Тип > 1-Порт (s1p) | 2-Порт (s2p).

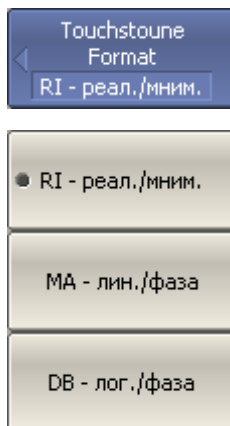
Выбор номера порта при однопортовом типе сохранения



Если выбран однопортовый тип сохранения, то выберите номер порта однопортовых измерений программными кнопками:

Сохранить/Восстановить > Сохранить данные в файле Touchstone > Выбрать порт (для s1p).

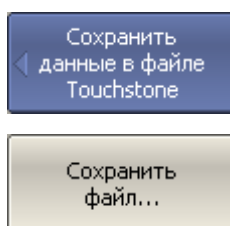
Выбор формата данных



Для выбора формата данных – нажмите программные кнопки:

Сохранить/Восстановить > Сохранить данные в файле Touchstone > Формат > RI | MA | DB.

Сохранение файла



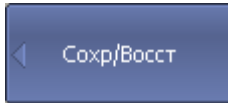
Для сохранения файла на диске – нажмите программные кнопки:

Сохранить/Восстановить > Сохранить данные в файле Touchstone > Сохранить файл...

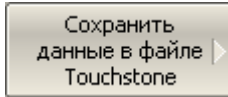
В открывшемся файловом диалоге введите имя файла.

Для четырехпортовых анализаторов:

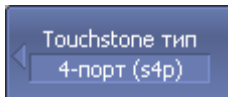
Выбор типа сохранения



Для перехода в меню сохранения Touchstone файлов нажмите следующие кнопки:



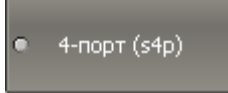
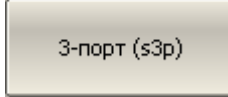
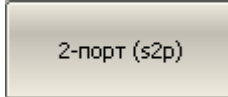
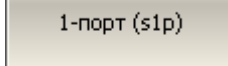
Сохранить/Восст > Сохранить данные в файле Touchstone



Выберите тип Touchstone файла нажав следующие кнопки:

Touchstone тип > 1-порт (s1p) | 2-порт (s2p) |

3-порт (s3p) | 4-порт (s4p).

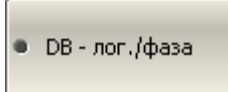
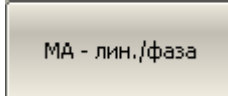
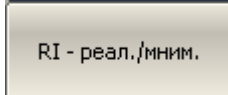


Выбор формата данных

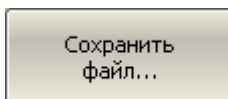


Для выбора формата данных – нажмите программные кнопки:

Сохранить/Восстановить > Сохранить данные в файле Touchstone > Формат > RI | MA | DB.



Сохранение файла



Для сохранения файла на диске – нажмите программные кнопки:

Сохранить/Восстановить > Сохранить данные в файле Touchstone > Сохранить файл...

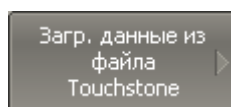
В открывшемся файловом диалоге введите имя файла.

7.5 Загрузка данных из файлов формата Touchstone

Загрузка возможна либо в трассы памяти, либо в трассы данных. При загрузке в трассы данных анализатор переходит в режим Стоп для того, чтобы текущие измерения не перезаписали загруженные данные. При загрузке в трассы памяти остановки развёртки не происходит.

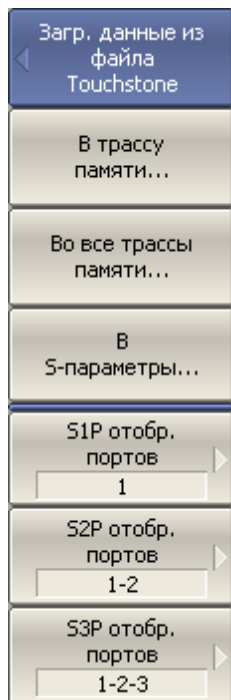
Если шкала частот в Touchstone файле не соответствует текущим установкам частоты анализатора, данные при загрузке интерполируются.

1/2/3 портовый Touchstone файл возможно отобразить на произвольные порты четырёхпортового анализатора, например *.s2p файл можно отобразить на порты 3-4.



Для перехода в меню загрузки Touchstone файлов нажмите следующие кнопки:

Сохран./Восст > Загр.данные из Touchstone



Загрузите данные из Touchstone файла используя одну из кнопок:

В трассу памяти... – для загрузки в память активной трассы;

Во все трассы памяти... – для загрузки в память всех трасс канала;

В S-параметры... – для загрузки во все трассы данных канала;

Выберите отображение портов для 1/2/3 портового Touchstone файла используя одну из кнопок:

S1P отобр. портов > [1 | 2 | 3 | 4]

S2P отобр. портов > [1-2 | 1-3 | 1-4 | 2-3 | 2-4 | 3-4]

S3P отобр. портов > [1-2-3 | 1-2-4 | 1-3-4 | 2-3-4]

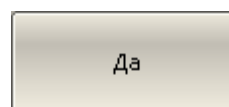
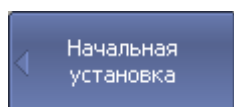
8 Системные установки

8.1 Начальная установка

Начальная установка служит для приведения анализатора в известное (начальное) состояние.

Значения параметров анализатора, устанавливаемые в процедуре начальной установки, приведены в приложении 1.

Для приведения анализатора в начальное состояние – нажмите программные кнопки **Система > Начальная установка > Да**.



В модификации анализаторов со встроенным управляющим компьютером для начальной установки возможно нажать аппаратную клавишу **Preset**, затем программную кнопку **Да**.

8.2 Настройка и вывод графиков

Данный раздел описывает процедуру распечатки и сохранения в файле графических данных.

Процедура распечатки включает этап предварительного просмотра на экране. Во время предварительного просмотра пользователь имеет возможность сохранить графические данные в файле.

Предусмотрена возможность распечатки графиков через три различных программы – агента печати:

- Программа MSWord;
- Программа просмотра изображений Windows;
- Встроенная программа печати.

Примечание

Программа MSWord должна быть установлена в системе Windows.

Примечание

Встроенная программа печати требует, чтобы в Windows был установлен хотя бы один принтер.

Предусмотрены следующие варианты преобразования цвета перед передачей изображения программе – агенту печати:

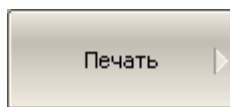
- Нет преобразования (печать в цвете);
- Преобразование в градации серого цвета;
- Преобразование в черно – белый цвет.

Предусмотрена возможность инвертирования изображения перед передачей изображения программе – агенту печати.

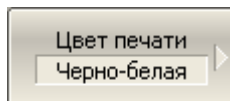
Предусмотрена возможность добавления текущей даты и времени в изображение перед передачей изображения программе – агенту.



Для распечатки графиков – нажмите программные кнопки:

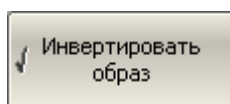


Система > Печать.

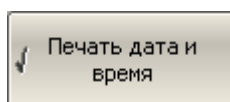


Выберите вариант преобразования цвета изображения нажав программную кнопку **Цвет печати**:

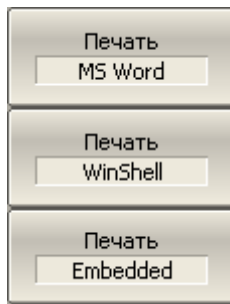
- **Цвет;**
- **Шкала серого;**
- **Черно-белый.**



Установите инверсию изображения при необходимости.



Установите печать времени и даты при необходимости.



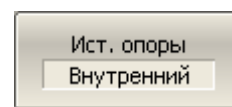
Нажмите одну из трех программных кнопок для передачи изображения программе – агенту печати.

8.3 Выбор источника опорной частоты

Анализатор имеет возможность работы как от внутреннего, так и от внешнего источника опорной частоты 10 МГц. Начальная установка анализатора соответствует работе от внутреннего источника опорной частоты.

Переключение режима работы от внутреннего или от внешнего источника опорной частоты осуществляется программным способом.

Для переключения источника опорной частоты – нажмите программные кнопки **Система > Настройки > Ист. опоры.**



8.4 Отключение системной коррекции

При выпуске с предприятия-изготовителя прибор калибруется и калибровочные коэффициенты сохраняются в постоянной памяти прибора. По умолчанию прибор осуществляет начальную коррекцию измеряемых S-параметров на основании заводской калибровки. Такая калибровка называется системной калибровкой, а коррекция ошибок – системной коррекцией.

Системная коррекция обеспечивает начальное значение измеряемых S-параметров до проведения калибровки прибора пользователем. Системная калибровка осуществляется по плоскости физических разъемов портов на передней панели и не может учитывать соединительные кабели и другие цепи, используемые для подключения исследуемого устройства. Погрешность измерений без калибровки прибора и измерительной установки, производимой пользователем, не нормируется.

Обычно системная коррекция **не требует** отключения при осуществлении калибровки и последующих измерений.

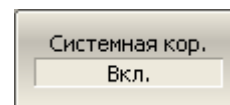
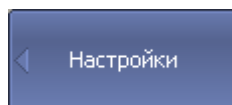
Системная коррекция может быть отключена пользователем при условии проведения пользователем надлежащей калибровки. При этом погрешность измерений определяется калибровкой пользователя и не зависит от состояния системной коррекции. Единственное правило, которое необходимо соблюдать – это отключение/включение системной коррекции до проведения калибровки пользователя с тем, чтобы калибровка и последующие измерения осуществлялись в одинаковых условиях.

При отключении системной коррекции пользователем, индицируется соответствующее предупреждение в строке состояния анализатора.

Примечание

TRL-калибровка не совместима с системной коррекцией. Системная коррекция автоматически отключается при проведении TRL-калибровки.

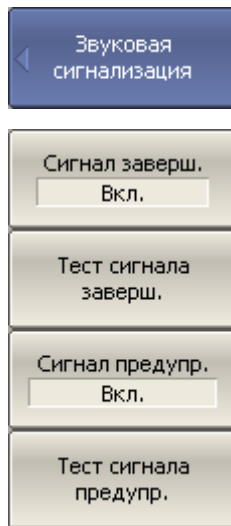
Для отключения и повторного включения системной калибровки – нажмите программные кнопки **Система > Настройки > Системная кор.**



8.5 Настройка звуковой сигнализации

В измерителе предусмотрены два вида звуковой сигнализации, которые могут быть отключены по отдельности:

- *Сигнал завершения* – служит для сигнализации о нормальном завершении измерения мер при калибровке;
- *Сигнал предупреждения* – служит для сигнализации о возникновении ошибок, или отрицательных результатов теста в допусковом контроле.



Для отключения и повторного включения звуковой сигнализации – нажмите программные кнопки:

Система > Настройки > Звуковая сигнализация > Сигнал заверш.

Система > Настройки > Звуковая сигнализация > Сигнал предупр.

Для испытания звуковой сигнализации – нажмите программные кнопки:

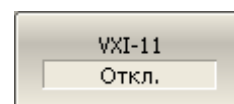
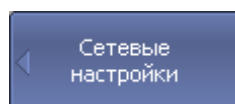
Система > Настройки > Звуковая сигнализация > Тест сигнала заверш.

Система > Настройки > Звуковая сигнализация > Тест сигнала предупр.

8.6 Сетевые настройки

Сетевые настройки служат для разрешения удаленного управления анализатором со встроенным управляющим компьютером через сеть по протоколу VXI-11.

Для разрешения / запрещения удаленного управления измерителем через сеть по протоколу VXI-11 – нажмите программные кнопки **Система > Настройки > Сетевые настройки > VXI-11**.



Примечание

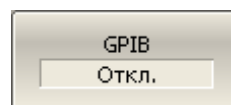
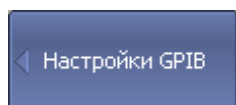
Удаленное управление измерителем в один момент времени возможно только по одному интерфейсов: GPIB или сеть.

Подробнее об удаленном управлении измерителем смотри *Руководство программиста*.

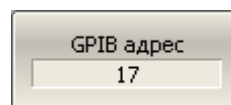
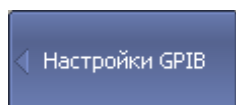
8.7 Настройки GPIB

Настройки GPIB служат для разрешения и настройки удаленного управления анализатором со встроенным управляющим компьютером через интерфейс GPIB.

Для разрешения / запрещения удаленного управления измерителем через интерфейс GPIB – нажмите программные кнопки **Система > Настройки > Настройки GPIB > GPIB**.



Для установки адреса измерителя на шине GPIB – нажмите программные кнопки **Система > Настройки > Настройки GPIB > GPIB адрес**.



Примечание

Удаленное управление измерителем в один момент времени возможно только по одному интерфейсов: GPIB или сеть.

Подробнее об удаленном управлении измерителем смотри *Руководство программиста*.

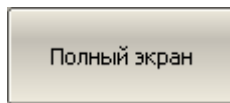
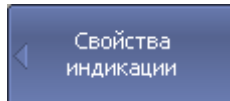
8.8 Настройка интерфейса

Предусмотрены следующие настройки интерфейса пользователя:

- Переключение полноэкранный или оконный режим индикации
- Настройка цвета:
 - Линий графиков;
 - Линий памяти;
 - Фона и сетки графиков;
 - Фона и шрифта строки вспомогательного меню.
- Стиль и толщина:
 - Линий графиков;
 - Линий памяти;
 - Сетки графиков.
- Размер шрифта:
 - Программных кнопок;
 - Окна канала;
 - Строки состояния канала;
 - Строки состояния анализатора.
- Инверсия цвета области графиков;
- Выключение строки вспомогательного меню;
- Выключение строки оцифровки оси стимулов (X);
- Тип оцифровки оси измеряемых значений (Y):
 - Выключено;
 - Активный график;
 - Все графики.

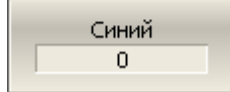
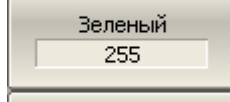
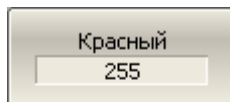
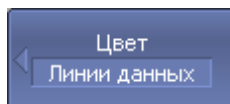
Примечание

Настройки интерфейса пользователя сохраняются в последующих сеансах работы анализатора. Дополнительных нажатий кнопок для сохранения текущих настроек интерфейса не требуется. Предусмотрена возможность восстановления заводских настроек интерфейса специальной кнопкой.



Для переключения между полноэкранным и оконным режимами работы – нажмите программные кнопки:

Индикация > Свойства > Полный экран.

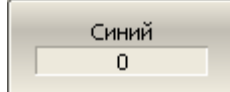
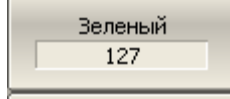
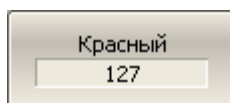
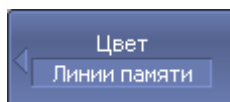


Для изменения цвета активного графика – нажмите программные кнопки:

Индикация > Свойства > Цвет > Линии данных.

Затем введите значения цветовых составляющих от 0 до 255.

Изменение цвета активного графика, влияет на все графики с тем же номером в различных каналах.

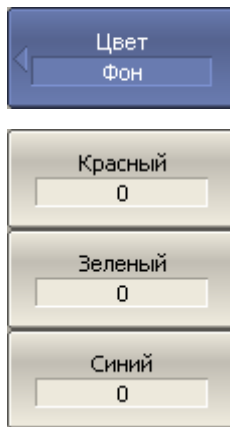


Для изменения цвета памяти активного графика – нажмите программные кнопки:

Индикация > Свойства > Цвет > Линии памяти.

Затем введите значения цветовых составляющих от 0 до 255.

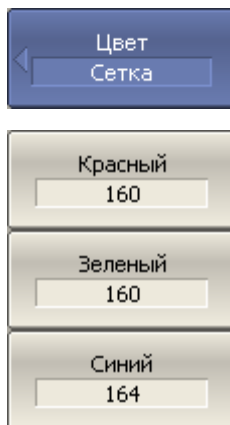
Изменение цвета памяти активного графика, влияет на все графики с тем же номером в различных каналах.



Для изменения цвета фона графика – нажмите программные кнопки:

Индикация > Свойства > Цвет > Фон.

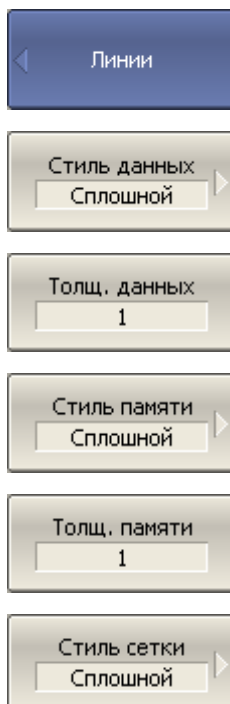
Затем введите значения цветовых составляющих от 0 до 255.



Для изменения цвета сетки графиков – нажмите программные кнопки:

Индикация > Свойства > Цвет > Сетка.

Затем введите значения цветовых составляющих от 0 до 255.



Для изменения стиля и толщины графиков – нажмите программные кнопки:

Индикация > Свойства > Линии > Стиль данных.

Индикация > Свойства > Линии > Толщ.данных.

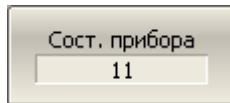
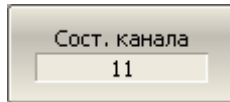
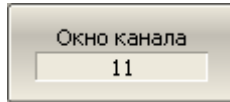
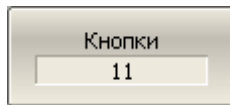
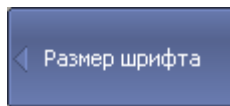
Для изменения стиля и толщины графиков памяти – нажмите программные кнопки:

Индикация > Свойства > Линии > Стиль памяти.

Индикация > Свойства > Линии > Толщ.памяти.

Для изменения стиля сетки графиков – нажмите программные кнопки:

Индикация > Свойства > Линии > Стиль сетки.



Для изменения размера шрифта на кнопках, в окне канала, в строке состояния канала или в строке состояния прибора – нажмите программные кнопки:

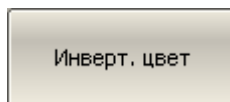
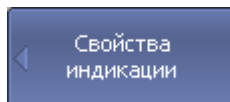
Индикация > Свойства > Размер шрифта > Кнопки.

Индикация > Свойства > Размер шрифта > Окно канала.

Индикация > Свойства > Размер шрифта > Сост. Канала.

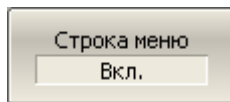
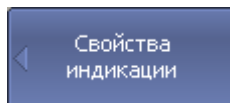
Индикация > Свойства > Размер шрифта > Сост. Прибора.

Размера шрифта изменяется от 10 до 13.



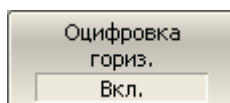
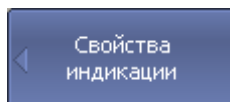
Для инвертирования цвета графической области – нажмите программные кнопки:

Индикация > Свойства > Инверт. цвет.



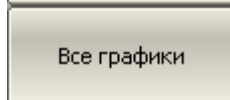
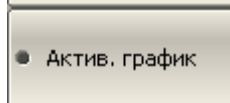
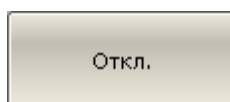
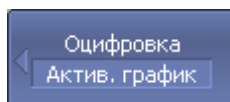
Для включения / выключения строки верхнего меню – нажмите программные кнопки:

Индикация > Свойства > Строка меню.



Для включения / выключения строки оцифровки оси стимулов (ось X) – нажмите программные кнопки:

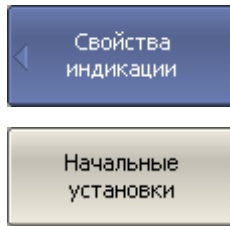
Индикация > Свойства > Оцифровка гориз.



Для выбора типа оцифровки оси измеряемых значений (ось Y) – нажмите программные кнопки:

Индикация > Свойства > Оцифровка верт. > Выключено |

Активный график | Все графики.



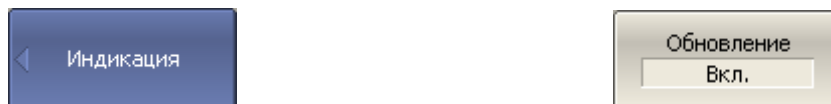
Для восстановления заводских настроек интерфейса – нажмите программные кнопки:

Индикация > Свойства > Начальные установки.

8.9 Отключение обновления экрана

Обновление экрана может быть отключено для уменьшения времени цикла сканирования. Данная возможность может быть полезна при удаленном управлении измерителем через интерфейсы GPIB, LAN или COM/DCOM.

Для отключения обновления экрана – нажмите программные кнопки **Индикация > Обновление.**



Примечание

Предупреждение об отключении обновления экрана индицируется в строке состояния анализатора «**Обнов. откл.**».

8.10 Настройка измерителя мощности

К анализатору можно подключить внешний измеритель мощности для калибровки мощности портов. Измеритель мощности подключается к USB порту ПК непосредственно, или через переход USB/GPIB. Требуется установка программного обеспечения измерителя мощности. Примеры подключения измерителя мощности показаны на рисунке 8.1. Список поддерживаемых измерителей мощности приведен в таблице 8.1.

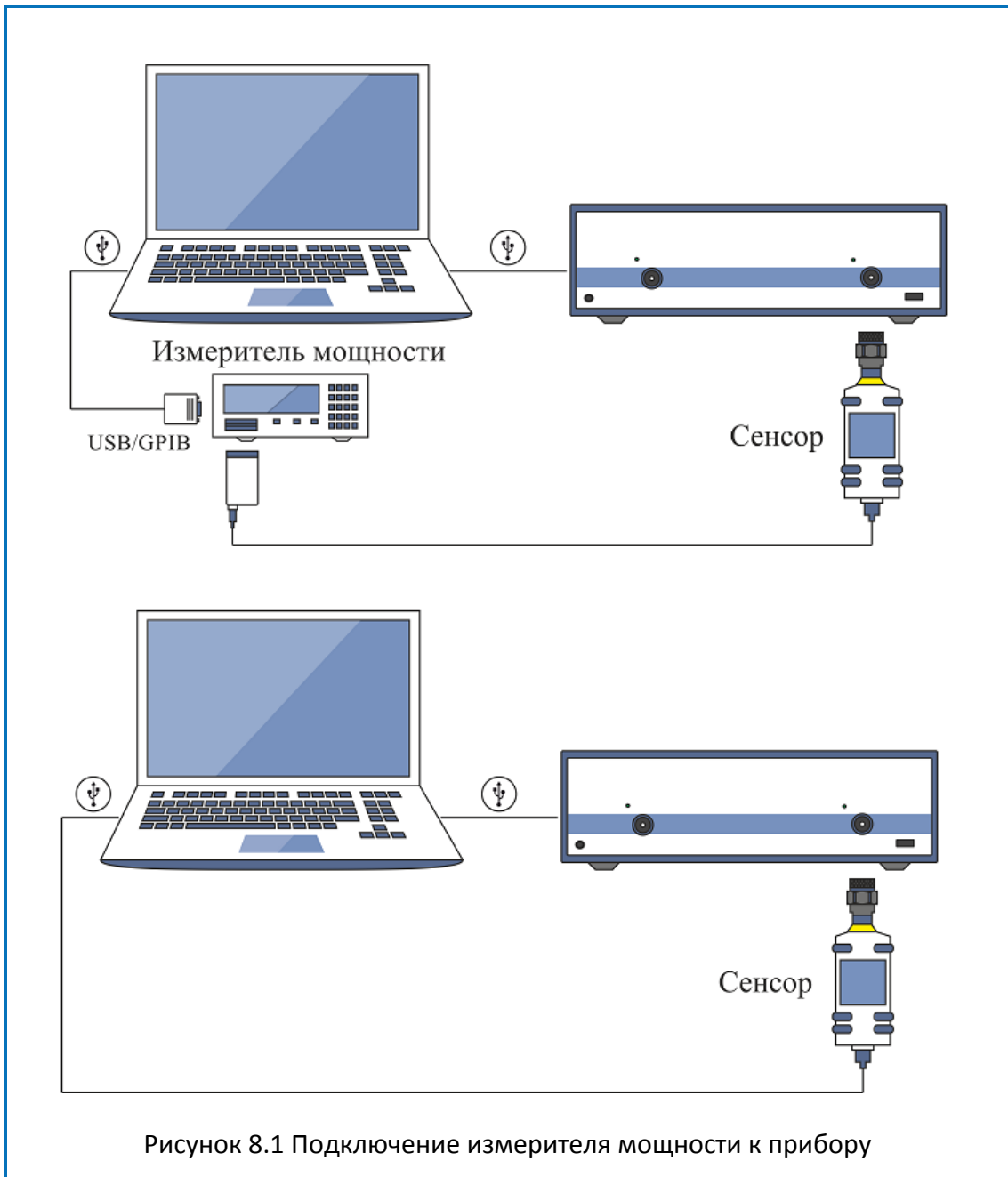
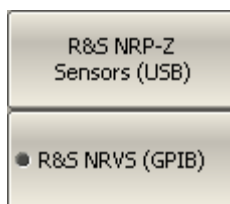
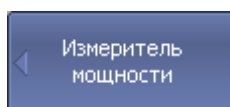


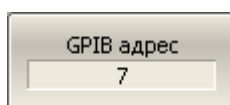
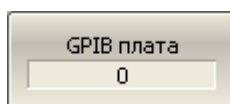
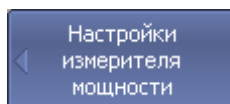
Таблица 8.1 Список поддерживаемых измерителей мощности

Измеритель мощности	Обозначение в программе	Тип USB подключения	Дополнительное программное обеспечение
Сенсоры серии NRP-Z фирмы Rohde&Schwarz без базового блока. Рекомендуется NRP-Z51	R&S NRP-Z sensors	фирменный адаптер NRP-Z4	1. Rohde&SchwarzNRP-Toolkit 2. Rohde&Schwarz RSNRPZ Instrument driver
Измеритель мощности фирмы Rohde&Schwarz NRVS базовый блок и сенсор NRV-Z51 или NRV-Z4	R&S NRVS	Адаптер GPIB/USB	1. Фирменный драйвер адаптера GPIB/USB 2. Универсальная библиотека VISAvisa32.dll



Для выбора измерителя мощности – нажмите программные кнопки:

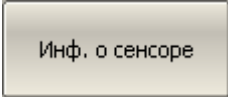
Система > Настройки > Настройки измерителя мощности > Измеритель мощности > R&S NRP-Z sensors (USB) | R&S NRVS (GPIB)



Если используется измеритель мощности с GPIB интерфейсом, установите адрес GPIB платы, и адрес измерителя мощности на шине с помощью программных кнопок:

Система > Настройки > Настройки измерителя мощности > GPIB плата

Система > Настройки > Настройки измерителя мощности > GPIB адрес.



Инф. о сенсоре

Программная кнопка **Инф. о сенсоре** служит для проверки правильности подключения и настройки измерителя мощности. Она выдает тип сенсора, если успешно установлена связь между прибором и измерителем мощности.

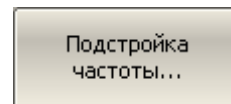
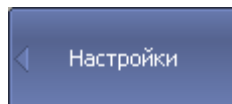
8.11 Функция точной подстройки выходной частоты

Функция служит для точной подстройки выходной частоты с помощью внешнего измерителя частоты. Функция обеспечивает относительную подстройку частоты в пределах $\pm 0.001\%$ (типовое значение) путем ввода пользователем коэффициента подстройки от -128 до $+127$. Результат подстройки сохраняется в энергонезависимой памяти прибора. Функция осуществляет подстройку частоты внутреннего опорного генератора, поэтому для подстройки частоты во всем рабочем диапазоне достаточно осуществить подстройку в одной частотной точке.

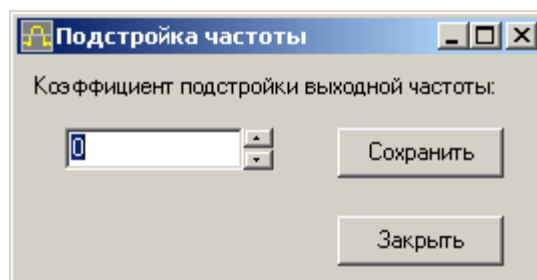
Порядок использования функции:

- Включите и прогрейте прибор до рабочей температуры не менее 40 минут;
- Подключите измеритель частоты к разъему выхода внутреннего опорного генератора 10 МГц, либо к одному из портов прибора;
- При подключении измерителя частоты к порту прибора установите режим работы прибора для выдачи фиксированной частоты на выбранном порту.

Для входа в функцию точной подстройки выходной частоты– нажмите программные кнопки **Система > Настройки > Подстройка частоты...**





В отрывшемся диалоговом окне установите коэффициент подстройки выходной частоты, при котором показания измерителя частоты наиболее близки к выходной частоте прибора. Сохраните коэффициент подстройки выходной частоты в энергонезависимой памяти кнопкой **Сохранить**.



Приложение 1

Список параметров анализатора, устанавливаемых при начальной установке и при сохранении состояния.

Наименование параметра	Значение по умолчанию	Объект ¹
Тип сохранения	Состояние и калибровка	Изм
Формат данных Touchstone	RI – реальная и мнимая часть	Изм
Размещение окон		Изм
Номер активного канала	1	Изм
Точность стимула на маркерах	7 знаков	Изм
Точность измерения на маркерах	4 знака	Изм
Таблица маркеров	Выключено	Изм
Источник опорной частоты	Внутренний	Изм
Источник запуска	Внутренний	Изм
Нормировка опорным каналом	Включено	Изм
Заводская калибровка	Включено	Изм
Размещение графиков		Кан
Число вертикальных делений	10	Кан
Индикация заголовка канала	Выключено	Кан
Значение заголовка канала	Пусто	Кан
Индикация знака БРАК при допусковом контроле	Выключено	Кан
Вид оси частот сегментного сканирования	Значения частот	Кан

¹Объект установки параметра (Изм - измеритель, Кан - канал, Гр – график)

Наименование параметра	Значение по умолчанию	Объект ¹
Число графиков канала	1	Кан
Номер активного графика	1	Кан
Связность маркеров	Включено	Кан
Закон сканирования	Частота / линейный	Кан
Точек	201	Кан
Начальная частота	300 кГц	Кан
Конечная частота	3.2 ГГц	Кан
Фиксированная частота	300 кГц	Кан
Начальная мощность	-60 дБм	Кан
Конечная мощность	10 дБм	Кан
Фиксированная мощность	0 дБм	Кан
Наклон мощности	0 дБм	Кан
Полоса ПЧ	10 кГц	Кан
Задержка измерения	0 с	Кан
Режим задания диапазон	Старт / Стоп	Кан
Число сегментов	1	Кан
Точек в сегменте	2	Кан
Начальная частота сегмента	300 кГц	Кан
Конечная частота сегмента	300 кГц	Кан
Фиксированная мощность сегмента	0 дБм	Кан
Полоса ПЧ сегмента	10 кГц	Кан
Задержка измерения сегмента	0 с	Кан
Мощность сегментов таблично	Выключено	Кан
Полоса ПЧ сегментов таблично	Выключено	Кан

Наименование параметра	Значение по умолчанию	Объект ¹
Задержка измерения сегментов таблично	Выключено	Кан
Режим задания сегментов	Старт / Стоп	Кан
Усреднение	Выключено	Кан
Фактор усреднения	10	Кан
Режим запуска	Постоянный	Кан
Таблица калибровочных коэффициентов	Пусто	Кан
Коррекция ошибок	Выключено	Кан
Преобразование импеданса порта	Выключено	Кан
Значение преобразования импеданса: порт 1	50 Ω	Кан
Значение преобразования импеданса: порт 2	50 Ω	Кан
Исключение цепи: порт 1	Выключено	Кан
Исключение цепи: порт 2	Выключено	Кан
Файл режима исключения цепи: порт 1	Пусто	Кан
Файл режима исключения цепи: порт 2	Пусто	Кан
Встраивание цепи: порт 1	Выключено	Кан
Встраивание цепи: порт 2	Выключено	Кан
Файл режима встраивания цепи: порт 1	Пусто	Кан
Файл режима встраивания цепи: порт 2	Пусто	Кан
Измеряемый параметр	S_{11}	Гр
Масштаб графика	10 дБ / дел.	Гр
Значение опорной линии	0 дБ	Гр
Положение опорной линии	5 деление	Гр
Математика	Выключено	Гр

Наименование параметра	Значение по умолчанию	Объект ¹
Смещение фазы	0°	Гр
Электрическая задержка	0 с	Гр
Преобразование S-параметра	Выключено	Гр
Вид преобразования S-параметра	Zr: импеданс отражения	Гр
Формат	Логарифмическая амплитуда (дБ)	Гр
Временная область	Выключено	Гр
Начальное значение преобразования временной области	-10 нс	Гр
Начальное значение преобразования временной области	10 нс	Гр
Бета Кайзера окна преобразования временной области	6	Гр
Тип преобразования временной области	Радиосигнал	Гр
Временная селекция	Выключено	Гр
Начальное значение временной селекции	-10 нс	Гр
Конечное значение временной селекции	10 нс	Гр
Тип временной селекции	Полоса пропускания	Гр
Форма окна временной селекции	Норма	Гр
Сглаживание	Выключено	Гр
Апертура сглаживания	1%	Гр
Тип индикации графика	Данные	Гр
Допусковый контроль	Выключено	Гр
Индикация предельных линий	Выключено	Гр
Определение предельных линий	Пусто	Гр
Число маркеров	0	Гр

Наименование параметра	Значение по умолчанию	Объект ¹
Положение маркера	300 кГц	Гр
Поиск маркера	Максимум	Гр
Слежение при поиске маркера	Выключено	Гр
Целевое значение при поиске маркера	0 дБ	Гр
Переход цели при поиске маркера	Все	Гр
Полярность пика при поиске маркера	Положительная	Гр
Пиковое отклонение при поиске маркера	3 дБ	Гр
Нахождение параметров полосы пропускания	Выключено	Гр
Уровень нахождения полосы пропускания	-3 дБ	Гр
Ограничение диапазона поиска маркера	Выключено	Гр
Нижняя граница диапазона поиска маркера	0	Гр
Верхняя граница диапазона поиска маркера	0	Гр