

Анализаторы цепей векторные
«S5048», «S7530»

Руководство по эксплуатации
РЭ 6687–102–21477812–2013



PLANAR

2013

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	8
Инструкции по безопасности	9
Защита от электростатического разряда.....	9
1 Описание и работа анализаторов.....	10
1.1 Назначение	10
1.2 Технические характеристики анализаторов.....	10
1.2.1 Основные технические характеристики анализаторов	10
1.2.2 Функциональные возможности для выполнения измерений	14
1.3 Состав анализаторов.	22
1.4 Устройство и принцип работы	23
1.5 Типовая схема измерений.....	25
2 Подготовка к работе	26
2.1 Общая информация.....	26
2.2 Установка программного обеспечения	27
2.3 Передняя панель	29
2.3.1 Выключатель питания.....	30
2.3.2 Измерительные порты	30
2.4 Задняя панель	32
2.4.1 Разъем питания	32
2.4.2 Разъем внешнего опорного сигнала	32
2.4.3 Разъем внешнего запуска.....	33
2.4.4 Разъем USB	33
3 Быстрое начало работы.....	34
3.1 Подготовка анализатора к проведению измерений отражения.	35
3.2 Начальная установка.....	36
3.3 Установка параметров стимулирующего сигнала.	36
3.4 Установка полосы ПЧ.....	37
3.5 Установка числа графиков, выбор измеряемого параметра и формата представления	37
3.6 Установка масштаба графиков	38
3.7 Калибровка анализатора для проведения измерений коэффициента отражения	39
3.8 Исследование КСВН и фазы коэффициента отражения с помощью маркеров.	40
4 Установка параметров анализатора.....	42
4.1 Структура и функции экрана.....	42
4.1.1 Панель программных кнопок	42
4.1.2 Строка меню.....	44
4.1.3 Строка состояния анализатора	45
4.2 Окно канала.....	47

4.2.1	Заголовок канала.....	47
4.2.2	Строка состояния графика.....	48
4.2.3	Графическая область.....	51
4.2.4	Размещение графиков в окне канала.....	52
4.2.5	Маркеры.....	53
4.2.6	Строка состояния канала.....	54
4.3	Быстрая установка параметров канала мышью.....	58
4.3.1	Выбор активного канала.....	58
4.3.2	Выбор активного графика.....	58
4.3.3	Назначение измеряемого параметра.....	58
4.3.4	Выбор формата графика.....	59
4.3.5	Установка масштаба графика.....	59
4.3.6	Установка значения опорной линии.....	59
4.3.7	Установка положения опорной линии.....	60
4.3.8	Установка начального значения диапазона сканирования.....	60
4.3.9	Установка конечного значения диапазона сканирования.....	60
4.3.10	Установка центра диапазона сканирования.....	61
4.3.11	Установка полосы сканирования.....	61
4.3.12	Установка значения стимула маркера.....	61
4.3.13	Переключение режима «Старт / Центр» и «Стоп / Полоса».....	61
4.3.14	Установка значения поля «Старт / Центр».....	62
4.3.15	Установка значения поля «Стоп / Полоса».....	62
4.3.16	Установка числа точек сканирования.....	62
4.3.17	Установка типа сканирования.....	62
4.3.18	Установка полосы ПЧ.....	62
4.3.19	Установка поля «Мощность / Фиксированная частота».....	63
4.4	Установка каналов и графиков.....	64
4.4.1	Размещение окон каналов.....	64
4.4.2	Установка числа графиков.....	65
4.4.3	Размещение графиков.....	66
4.4.4	Выбор активного канала и графика.....	68
4.4.5	Увеличение окна канала и графика.....	69
4.5	Установка параметров стимула.....	70
4.5.1	Выбор типа сканирования.....	70
4.5.2	Установка диапазона сканирования.....	70
4.5.3	Установка количества точек.....	71
4.5.4	Установка мощности.....	71
4.5.5	Наклон мощности.....	71
4.5.6	Установка фиксированной частоты.....	72
4.5.7	Отключение стимулирующего сигнала.....	72
4.5.8	Редактирование таблицы сегментов.....	72
4.5.9	Установка задержки измерения.....	75
4.6	Управление запуском сканирования.....	76
4.7	Установка измеряемых параметров.....	78
4.7.1	S – параметры.....	78
4.7.2	Порядок установки S – параметров.....	79
4.7.3	Абсолютные измерения.....	79
4.7.4	Порядок установки абсолютных измерений.....	80
4.8	Установка формата.....	82
4.8.1	Формат прямоугольных координат.....	82
4.8.2	Формат полярной диаграммы.....	84
4.8.3	Формат диаграммы Вольперта–Смита.....	85
4.8.4	Порядок установки формата.....	87

4.9	Установка масштаба графика	89
4.9.1	Масштаб прямоугольных координат.....	89
4.9.2	Порядок установки масштаба прямоугольных координат	89
4.9.3	Масштаб круговых координат.....	90
4.9.4	Порядок установки масштаба полярных координат.....	91
4.9.5	Функция автомасштабирования	91
4.9.6	Функция автоматического выбора опорного уровня.....	91
4.9.7	Установка электрической задержки	91
4.9.8	Установка смещения фазы.....	92
4.10	Фильтрация.....	93
4.10.1	Установка полосы ПЧ.....	93
4.10.2	Установка усреднения	93
4.10.3	Установка сглаживания	94
4.11	Измерение смесителей	95
4.11.1	Обзор методов измерения смесителей	95
4.11.2	Режим смещения частоты.....	97
4.11.3	Автоматическая подстройка частоты смещения.....	100
4.11.3.1	Порядок подстройки частоты смещения.....	101
5	Калибровка	103
5.1	Общие сведения	103
5.1.1	Ошибки измерения	103
5.1.2	Систематические ошибки измерения	104
5.1.2.1	Направленность.....	104
5.1.2.2	Согласование источника.....	104
5.1.2.3	Согласование приемника.....	105
5.1.2.4	Развязка	105
5.1.2.5	Частотная неравномерность отражения	105
5.1.2.6	Частотная неравномерность передачи.....	105
5.1.3	Модель ошибок измерения	106
5.1.3.1	Однопортовая модель ошибок.....	106
5.1.3.2	Двухпортовая модель ошибок	107
5.1.4	Определение положения измерительных портов	108
5.1.5	Стадии процесса калибровки.....	110
5.1.6	Методы калибровки	111
5.1.6.1	Нормализация.....	112
5.1.6.2	Опциональная калибровка направленности.....	112
5.1.6.3	Опциональная калибровка развязки.....	112
5.1.6.4	Полная однопортовая калибровка	113
5.1.6.5	Однонаправленная двухпортовая калибровка	113
5.1.6.6	Полная двухпортовая калибровка	114
5.1.6.7	Скользкая нагрузка	114
5.1.6.8	Неизвестная перемычка	115
5.1.6.9	TRL калибровка	116
5.1.6.10	Multiline TRL калибровка	118
5.1.7	Калибровочные меры и комплекты мер	120
5.1.7.1	Определения и классы калибровочных мер	120
5.1.7.2	Типы калибровочных мер	121
5.1.7.3	Способы определения калибровочных мер.....	121
5.1.7.4	Модель калибровочных мер	122
5.1.7.5	Калибровочные меры, определенные данными	124
5.1.7.6	Степень определения калибровочных мер.....	124
5.1.7.7	Классы калибровочных мер.....	125
5.1.7.8	Подклассы калибровочных мер.....	126

5.2	Порядок выполнения калибровки	127
5.2.1	Выбор комплекта калибровочных мер	127
5.2.2	Калибровка нормализации отражения	128
5.2.3	Калибровка нормализации передачи.....	130
5.2.4	Полная однопортовая калибровка	132
5.2.5	Однонаправленная двухпортовая калибровка	134
5.2.6	Полная двухпортовая калибровка	137
5.2.6.1	Калибровка с неизвестной перемычкой	139
5.2.7	TRL калибровка	140
5.2.7.1	Multiline опция TRL калибровки	142
5.2.8	Использование подклассов в калибровке.....	143
5.2.9	Использование скользящей нагрузки в калибровке.....	144
5.2.10	Отключение коррекции ошибок	144
5.2.11	Проверка состояния коррекции ошибок	145
5.2.12	Установка системного сопротивления Z0.....	146
5.2.13	Функция удлинения портов	146
5.3	Редактирование комплектов мер	148
5.3.1	Таблица комплектов мер	149
5.3.1.1	Выбор комплекта мер для редактирования.....	150
5.3.1.2	Редактирование наименования и описания комплекта мер.....	150
5.3.1.3	Отмена изменений предопределенных комплектов мер.....	150
5.3.1.4	Удаление пользовательских комплектов мер.....	150
5.3.1.5	Сохранение комплектов мер в файле	151
5.3.1.6	Загрузка комплектов мер из файла.....	151
5.3.2	Определение калибровочных мер	152
5.3.2.1	Добавление меры	152
5.3.2.2	Удаление меры.....	153
5.3.2.3	Редактирование параметров меры.....	153
5.3.2.4	Копирование/вставка мер	155
5.3.2.5	Изменение порядка мер в таблице.....	155
5.3.3	Таблица S-параметров калибровочных мер	156
5.3.3.1	Добавление строки таблицы	157
5.3.3.2	Удаление строки таблицы.....	157
5.3.3.3	Стирание таблицы.....	157
5.3.3.4	Выбор формата таблицы.....	157
5.3.3.5	Реверс портов	158
5.3.3.6	Загрузка данных из файла.....	158
5.3.4	Назначение классов калибровочных мер	159
5.3.4.1	Редактирование таблицы классов.....	159
5.3.4.2	Удаление мер в таблице классов	160
5.3.4.3	Функция строгого соответствия классам	160
5.3.4.4	Функция группового назначения номера порта.....	161
5.4	Калибровка мощности портов	162
5.4.1	Таблица компенсации потерь	162
5.4.2	Порядок калибровки мощности портов	163
5.4.3	Включение и отключение коррекции мощности порта	164
5.4.4	Редактирование таблицы компенсации потерь.....	164
5.5	Калибровка приемников	166
5.5.1	Порядок калибровки приемников	166
5.5.2	Включение и отключение коррекции приемников	167
5.6	Скалярная калибровка смесителей.....	168
5.7	Векторная калибровка смесителей	172
5.7.1	Порядок проведения векторной калибровки смесителей	173

5.8	Автоматический калибровочный модуль.....	175
5.8.1	Общие сведения об АКМ серии SC.....	176
5.8.2	Порядок проведения автокалибровки	178
5.8.3	Порядок проведения пользовательской характеристики.....	179
5.8.4	Порядок проведения доверительного теста	180
6	Анализ измерений	181
6.1	Маркеры	181
6.1.1	Добавление маркера.....	183
6.1.2	Удаление маркера	183
6.1.3	Установка значения стимула маркера	183
6.1.4	Выбор активного маркера.....	184
6.1.5	Режим опорного маркера.....	185
6.1.6	Свойства маркеров	186
6.1.6.1	Режим связности маркеров	186
6.1.6.2	Таблица маркеров	187
6.1.6.3	Настройка точности представления маркеров	188
6.1.6.4	Групповая индикация данных маркеров	188
6.1.6.5	Расположение данных маркеров на экране.....	188
6.1.6.6	Выравнивание положения данных маркеров на экране.....	189
6.1.6.7	Индикация значений памяти на маркерах.....	190
6.1.7	Функции поиска положения маркеров	191
6.1.7.1	Поиск максимума или минимума.....	191
6.1.7.2	Поиск пика	192
6.1.7.3	Поиск целевого уровня	194
6.1.7.4	Режим слежения.....	196
6.1.7.5	Ограничение диапазона поиска	196
6.1.8	Маркерные вычисления.....	197
6.1.8.1	Статистика.....	197
6.1.8.2	Поиск полосы	199
6.1.8.3	Неравномерность	201
6.1.8.4	Полосовой фильтр.....	203
6.1.9	Функция установки параметров с помощью маркеров.....	205
6.2	Функция памяти графиков.....	206
6.2.1	Порядок запоминания графиков.....	207
6.2.2	Настройка индикации графиков	208
6.2.3	Порядок выполнения математических операций.....	208
6.3	Моделирование оснастки	209
6.3.1	Преобразование импеданса порта	210
6.3.2	Исключение цепи	212
6.3.3	Встраивание цепи.....	214
6.4	Временная область.....	216
6.4.1	Включение преобразования временной области	217
6.4.2	Установка диапазона преобразования.....	218
6.4.3	Установка типа преобразования.....	218
6.4.4	Установка вида окна	219
6.4.5	Преобразование диапазона частот к гармоническому виду.	219
6.5	Селекция во временной области.....	221
6.5.1	Включение временной селекции	222
6.5.2	Установка границ окна временной селекции	222
6.5.3	Установка типа окна временной селекции.....	223
6.5.4	Установка формы окна временной селекции	223
6.6	Преобразования S-параметров	224

6.7	Допусковый контроль.....	226
6.7.1	Редактирование таблицы пределов	227
6.7.2	Порядок включения допускового контроля	229
6.7.3	Настройка индикации допускового контроля.....	229
6.7.4	Смещения линии пределов	229
6.8	Тест пульсаций.....	230
6.8.1	Редактирование таблицы пределов пульсаций	232
6.8.2	Порядок включения теста пульсаций.....	233
6.8.3	Настройка индикации теста пульсаций.....	233
7	Сохранение состояния и данных.....	235
7.1	Сохранение состояния анализатора	235
7.1.1	Порядок сохранения состояния	236
7.1.2	Порядок восстановления состояния	237
7.2	Сохранение состояния каналов	238
7.2.1	Порядок сохранения состояния канала	238
7.2.2	Порядок восстановления состояния канала	238
7.3	Сохранение данных графика	239
7.3.1	Порядок сохранения данных графика	239
7.4	Сохранение файлов данных формата Touchstone	240
7.4.1	Порядок сохранения файлов данных формата Touchstone	242
8	Системные установки.....	243
8.1	Начальная установка.....	243
8.2	Настройка и вывод графиков.....	244
8.3	Выбор источника опорной частоты.....	245
8.4	Отключение системной коррекции	246
8.5	Настройка звуковой сигнализации.....	247
8.6	Настройка интерфейса	247
8.7	Отключение обновления экрана.....	251
8.8	Настройка измерителя мощности.....	252
8.9	Функция точной подстройки выходной частоты.....	255
9	Техническое обслуживание анализатора.....	256
9.1	Введение.....	256
9.2	Общие указания	256
9.3	Указание мер безопасности	256
9.4	Порядок проведения технического обслуживания	256
10	Поверка анализатора.....	259
11	Правила хранения	259
12	Транспортирование	259
	Приложение 1.....	260

Введение

Настоящее руководство по эксплуатации – документ, содержащий сведения о принципах действия, метрологических и технических характеристиках, составе анализаторов цепей векторных «S5048» и «S7530». Руководство предназначено для изучения анализаторов с целью использования их технических возможностей.

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

В настоящем документе приняты следующие сокращения:

ВАЦ – анализатор цепей векторный;

ИУ – исследуемое устройство;

СВЧ – сверхвысокие частоты;

АЧХ – амплитудно–частотная характеристика;

ФЧХ – фазо–частотная характеристика;

ФНЧ – фильтр нижних частот;

ФВЧ – фильтр верхних частот;

ПФ – полосовой фильтр;

РФ – режекторный фильтр;

ПЧ – промежуточная частота;

ОН – ответвитель направленный;

ТО – техническое обслуживание;

РЭ – руководство по эксплуатации;

ГВЗ – групповое время запаздывания;

КО – коэффициент отражения;

КП – коэффициент передачи;

ПЭВМ – персональная электронная вычислительная машина;

ПО – программное обеспечение;

СКО – среднее квадратическое отклонение;

СМ – смеситель;

АЦП – аналого–цифровой преобразователь;

АРМ – автоматическая регулировка мощности;

Инструкции по безопасности

К работе с анализатором могут быть допущены лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности при работе с электро- и радиоизмерительными приборами.



Перед включением прибора в сеть проверьте исправность сетевого шнура питания.

До начала работы с прибором его корпус (клемма ) должен быть соединен с корпусом измеряемого устройства.

Защита от электростатического разряда

Защита от электростатического разряда очень важна при подключении к прибору, либо при отключении от него измеряемого устройства. Статическое электричество может накопиться на вашем теле и при разряде может легко повредить чувствительные элементы внутренних цепей либо прибора, либо измеряемого устройства. Для предотвращения повреждения необходимо соблюдать следующее:



- *всегда* использовать заземленный проводящий настольный коврик под измеряемым устройством;
- *всегда* надевать на руку заземленный антистатический браслет, подсоединенный к заземленному проводящему настольному коврику через последовательно подключенный резистор 1 МОм.

1 Описание и работа анализаторов

1.1 Назначение

Анализаторы цепей векторные «S5048», «S7530» (далее анализаторы) предназначены для использования во время проверки, настройки и разработки различных радиотехнических устройств в условиях промышленного производства и лабораторий, в том числе в составе автоматизированных измерительных стендов.

1.2 Технические характеристики анализаторов

1.2.1 Основные технические характеристики анализаторов

Основные технические характеристики анализаторов приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 Основные технические характеристики анализаторов

1	2
Измерительные порты S5048 S7530	2 порта, 50Ω N розетка 2 порта, 75Ω N 75 розетка
Диапазон рабочих частот S5048 S7530	от 0,02 до 4800 МГц от 0,02 до 3000 МГц
Пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты источника выходного сигнала во всех рабочих режимах	$\pm 5 \times 10^{-6}$
Минимальный шаг установки частоты	10 Гц
Количество точек измерения за сканирование	от 1 до 200001
Полоса измерительного фильтра	от 10 Гц до 30 кГц с шагом 1/1,5/2/3/5/7
Динамический диапазон, при полосе измерительного фильтра 10 Гц, в диапазоне частот от 20 кГц до 300 кГц от 300 кГц до максимальной рабочей частоты	100 дБ, 110 дБ тип. 120 дБ, 123 дБ тип.

1	2
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля / фазы коэффициента передачи при значении модуля коэффициента отражения исследуемого устройства не более –32 дБ и значениях модуля коэффициента передачи ¹ от плюс 5 дБ до плюс 10 дБ, дБ / град. от минус 50 до плюс 5 дБ, дБ / град. от минус 70 до минус 50 дБ, дБ / град. в диапазоне частот от 20 кГц до 300 кГц от 300 кГц до максимальной рабочей частоты от минус 90 до минус 70 дБ, дБ / град. в диапазоне частот от 300 кГц до максимальной рабочей частоты	0,2 / 2 0,1 / 1 2,5 / 11 0,5 / 3 2,5 / 11
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля / фазы коэффициента отражения при его значениях¹ от минус 15 до 0 дБ, дБ / град. от минус 25 до минус 15 дБ, дБ / град. от минус 35 до минус 25 дБ, дБ / град.	0,4 / 3 1,0 / 6 3,0 / 20
СКО трассы приемника сигнала при полосе фильтра 3 кГц, дБ, не более в диапазоне частот от 20 кГц до 300 кГц от 300 кГц до максимальной рабочей частоты	0,005 0,002
Изменение измерений 0 дБ S₂₁ или S₁₁ при изменении температуры окружающей среды на 1 градус, не более, дБ	0,02
При измерениях в коаксиальном тракте с соединителями тип N: эффективная направленность, не менее, дБ; модуль эффективного коэффициента отражения порта в режиме источника сигнала, не более, дБ; модуль эффективного коэффициента отражения порта в режиме приёмника сигнала, не более дБ. При измерениях в коаксиальном тракте с соединителями тип N75: эффективная направленность, не менее, дБ; модуль эффективного коэффициента отражения порта в режиме источника сигнала, не более, дБ; модуль эффективного коэффициента отражения порта в режиме приёмника сигнала, не более, дБ.	46 минус 40 минус 46 44 минус 35 минус 44

Продолжение таблицы 1.1

1	2
Направленность некорректированная, не менее, дБ	18
Модуль коэффициента отражения порта в режиме источника сигнала некорректированный, не более, дБ	минус 22
Уровень выходного сигнала, дБм	от минус 50 до плюс 5
Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки уровня выходной мощности, дБ	$\pm 1,0$
Минимальный шаг изменения выходной мощности, дБ	0.05
Уровень гармонических составляющих выходного сигнала мощностью 0 дБм ² не более, дБс ³	минус 25
Уровень негармонических составляющих в выходном сигнале мощностью 0 дБм, не более, дБс	минус 30
Модуль коэффициента отражения порта в режиме приёмника сигнала некорректированный, не более, дБ	минус 22
Максимальная мощность на измерительном порту, дБм	23
Максимальное постоянное напряжение на измерительном порту, В	35
Уровень собственного шума при полосе измерительного фильтра 10 Гц, дБм, не более в диапазоне частот от 20 кГц до 300 кГц от 300 кГц до максимальной рабочей частоты	минус 95 минус 115
Минимальное время измерения на одной частоте, мкс	200
Время переключения порта источника на порт приемника не более, мс	10
Частота внешнего опорного генератора, МГц Входной уровень, дБм Входное сопротивление по входу «Ref In/Out 10 MHz», Ом. Тип входного разъёма. Уровень выходного сигнала опорного генератора, на нагрузке 50 Ом, дБм	10 2 $\pm$ 3 50 «BNC» – розетка 3 $\pm$ 2
Напряжение питания постоянного тока, В	от 9 до 15
Потребляемая мощность постоянного тока, не более, Вт	10
Габаритные размеры (длина x ширина x высота), мм, не более «S5048», «S7530»	267x160x44

Продолжение таблицы 1.1

1	2
Масса, кг, не более «S5048», «S7530»	1,4
Рабочие условия применения: – температура окружающего воздуха – относительная влажность воздуха при 25° С; – атмосферное давление, кПа	от 5° С до 40° С; 90 %; от 84 до 106,7

¹ – Характеристики анализаторов при измерениях в коаксиальном тракте с соединителями тип N для S5048 и тип N75 для S7530, обеспечиваются в диапазоне температур 23 ± 5 °С и изменением температуры не более ± 1 °С от момента полной двухпортовой калибровки при выходной мощности минус 5 дБм.

² – дБм обозначает дБ относительно 1 мВт;

³ – дБс обозначает дБ относительно уровня основной гармоники выходного сигнала.

1.2.2 Функциональные возможности для выполнения измерений

Измеряемые параметры	S_{11} , S_{21} , S_{12} , S_{22} Абсолютная мощность сигнала на входе опорного и тестового приемника каждого порта.
Число каналов	От 1 до 16 логических каналов. Логический канал представлен в виде отдельного окна на экране. Логический канал определяет параметры стимулирующего сигнала: частотный диапазон, число точек измерения, мощность сигнала и другие.
Число графиков	От 1 до 16 графиков данных в каждом логическом канале. Графики представляют различные характеристики исследуемого устройства, включая S-параметры, графики отклика во временной области, графики зависимости от входной мощности и другие.
Память графиков	Каждый из 16 графиков данных в логическом канале может быть запомнен для последующего сравнения с текущими данными.
Форматы графиков	Амплитуда в логарифмическом масштабе, амплитуда в линейном масштабе, фаза, фаза расширенная, групповое время запаздывания, коэффициент стоячей волны по напряжению, реальная часть, мнимая часть, диаграмма Вольперта–Смита, полярная диаграмма.
Управление источником сигнала	
Типы сканирования	Сканирование частоты с фиксированной мощностью: линейное, логарифмическое, сегментное. Сканирование мощности с фиксированной частотой: линейное.
Число точек сканирования	От 2 до 200001.
Сегментное сканирование	Разновидность сканирования частоты с возможностью задания нескольких сегментов. В каждом сегменте задаются граничные частоты, число точек, мощность источника, полоса ПЧ.

Управление мощностью	Мощность источника регулируется в пределах от –50 дБм до +5 дБм с шагом 0.05 дБ. В режиме сканирования частоты с фиксированной мощностью имеется возможность задать наклон уровня мощности до 2 дБ/ГГц для компенсации затухания высоких частот во внешних кабелях.
Запуск развертки	Возможность выбора вида запуска развертки: повтор, однократно, стоп. Возможность выбора источника запуска: внутренний, ручной, внешний, программный.
Возможности индикации	
Виды графиков	Выбор индицируемых графиков: измеряемые данные, память данных, либо одновременная индикация данных и памяти.
Математика	Возможность модификации графика данных путем осуществления математической операции между графиком данных и памятью. Математические операции включают: сложение, вычитание, умножение, деление комплексных чисел.
Автомасштабирование	Автоматический выбор цены деления и опорного уровня, с тем, чтобы график измеряемой величины занимал по возможности большую часть экрана.
Электрическая задержка	Смещение плоскости калибровки для компенсации задержки в измерительной установке. Компенсация электрической задержки в самом исследуемом устройстве при измерении отклонения фазы от линейного закона.
Смещение фазы	Позволяет ввести смещение графика фазы в градусах.

Уменьшение погрешностей измерения

Калибровка	Калибровка измерительной установки, включающей прибор, кабели и адаптеры, позволяет значительно снизить ошибки измерения. Калибровка позволяет скорректировать следующие систематические ошибки измерения, которые вызваны не идеальностью измерительной системы: амплитудная и фазовая неравномерность, конечная направленность, несогласованность порта источника и приемника, конечная развязка портов.
Виды калибровок	Прибор поддерживает различные виды калибровок, отличающиеся по сложности выполнения и по погрешности измерений: ▪ нормализация отражения и передачи; ▪ полная однопортовая калибровка; ▪ однонаправленная двухпортовая калибровка; ▪ полная двухпортовая калибровка; ▪ TRL калибровка
Нормализация отражения и передачи	Наиболее простой вид калибровки. Обладает низкой точностью.
Полная однопортовая калибровка	Вид калибровки, который используется при измерении отражения однопортовых устройств. Обладает высокой точностью.
Однонаправленная двухпортовая калибровка	Вид калибровки, который используется при измерении отражения и передачи в одном направлении, например при измерении только S_{11} и S_{21} . Обладает высокой точностью при измерении отражения и средней точностью при измерении передачи.
Полная двухпортовая калибровка	Вид калибровки, который используется при измерении полной матрицы S-параметров двухпортового устройства. Обладает высокой точностью.

TRL калибровка	Вид калибровки, который используется при измерении полной матрицы S-параметров двухпортового устройства. Поддерживаются также LRL и LRM модификации данной калибровки. Обладает более высокой точностью, чем двухпортовая калибровка.
Механические комплекты калибровочных мер	Пользователь может выбирать из заранее определенных комплектов калибровочных мер различных производителей или создавать определения собственных калибровочных мер.
Автоматические калибровочные модули	Автоматические калибровочные модули производства ПЛАНАР делают процесс калибровки быстрее и проще, чем традиционные механические комплекты калибровочных мер.
Калибровочная мера типа скользящая нагрузка	Использование данного типа мер позволяет значительно повысить точность калибровки на высоких частотах по сравнению с фиксированной нагрузкой.
Калибровочная мера типа "неизвестная" перемычка	Использование произвольного взаимного четырехполюсника вместо нулевой перемычки в полной двухпортовой калибровке позволяет калибровать тестовую установку для измерения устройств с не присоединяемыми разъемами.
Определение калибровочных мер	Поддерживаются определения калибровочных мер как с помощью принятой в отрасли полиномиальной модели, так и на основе данных (S-параметров).
Интерполяция при коррекции ошибок	При изменении пользователем установок источника сигнала по отношению к калибровке, таких как граничные частоты или число точек, производится пересчет калибровочных коэффициентов с использованием интерполяции или экстраполяции.
Вспомогательные калибровки	
Калибровка мощности	Служит для более точного поддержания заданного уровня мощности на входе исследуемого устройства. Требуется применения внешнего измерителя мощности, подключаемого к USB порту непосредственно, либо через переход USB/GPIB.

Калибровка приемников	Калибрует усиление приемников при измерении абсолютной мощности сигнала.
Функции маркеров	
Маркеры данных	До 16 маркеров на каждом графике. Маркер служит для индикации значений стимула и измеряемого значения в заданной точке графика.
Опорный маркер	Включает на всех маркерах режим индикации относительных данных, по отношению к опорному маркеру.
Маркерный поиск	Осуществляет поиск на графике: максимума, минимума, пика, целевого значения.
Дополнительные возможности маркерного поиска	Ограничение диапазона поиска. Переключение между режимами однократного поиска, либо слежения.
Установка параметров с помощью маркеров	Установка начальной, конечной или центральной частоты диапазона с помощью маркеров. Установка опорного уровня графика с помощью значения маркера.
Вычисления с помощью маркеров	Осуществляет вычисление четырех различных функций: статистика, полоса пропускания, неравномерность, параметры фильтра.
Статистика	Функция показывает среднее значение, среднеквадратическое отклонение и разность пик-пик для графика в частотном диапазоне, ограниченном двумя маркерами.
Полоса пропускания	Функция осуществляет поиск полосы пропускания по заданному уровню относительно маркера или относительно абсолютного максимума. Показывает для полосы пропускания ее значение, центр, верхнюю и нижнюю границу, добротность, потери.
Неравномерность	Функция показывает усиление, наклон характеристики, неравномерность в частотном диапазоне, ограниченном двумя маркерами.

Параметры фильтра	Функция показывает характеристики полосы пропускания и полосы заграждения фильтра: потери, отклонение пик-пик в полосе пропускания и значение заграждения. Полоса пропускания и полоса заграждения задаются с помощью двух пар маркеров.
Анализ данных	
Преобразование импеданса порта	Функция преобразования данных, измеренных при значении собственного волнового сопротивления порта 50 Ω (75 Ω для S7530), в данные которые были бы получены при произвольном значении волнового сопротивления порта.
Исключение цепи	Функция, позволяющая математически исключить влияние цепи, включенной между плоскостью калибровки портов и исследуемым устройством. Цепь должна быть определена матрицей S-параметров, как файл формата Touchstone.
Встраивание цепи	Функция, позволяющая математически получить характеристики нового устройства, полученного встраиванием цепи между плоскостью калибровки портов и исследуемым устройством. Цепь должна быть определена матрицей S-параметров, как файл формата Touchstone.
Преобразование параметров устройства	Возможно преобразование измеряемых S-параметров в следующие характеристики устройства: входное сопротивление и проводимость, проходное сопротивление и проводимость, инверсия S-параметров.
Временная область	Функция преобразования данных из частотной области в отклик устройства во временной области на различные виды сигналов. Вид моделируемых входных сигналов: радиоимпульс, видеоимпульс, видеоперепад. Диапазон временной области задается пользователем произвольно от нуля до максимума, который определяется установленным шагом по частоте. Используются различные формы окон для достижения компромисса между разрешающей способностью и уровнем паразитных боковых лепестков.

Временная селекция	Функция математического устранения нежелательных откликов во временной области, позволяет получить частотную характеристику устройства без влияния устройств подключения. Функция использует преобразование во временную область, вырезает заданную пользователем временную область, и использует обратное преобразование для возврата в частотную область. Возможен выбор вида фильтра временной селекции: полосовой или режекторный. Для достижения компромисса между разрешающей способностью и уровнем паразитных боковых лепестков предусмотрены различные формы фильтра: широкая, норма, минимум.
--------------------	--

Измерение устройств с переносом частоты

Скалярный метод измерения устройств с переносом частоты	Скалярный метод позволяет измерять скалярный коэффициент передачи смесителей и других устройств, у которых входная частота не равна выходной. Метод не требует применения внешних смесителей и других устройств. Скалярный метод использует режим смещения частоты портов, когда частота порта приемника смещена относительно порта источника.
Векторный метод измерения устройств с переносом частоты	Векторный метод позволяет измерять модуль и фазу коэффициента передачи смесителей. Он требует применения внешнего смесителя, и единого гетеродина для внешнего и исследуемого смесителей.
Скалярная калибровка смесителей	Наиболее точный метод калибровки, используемый при измерении смесителей в режиме смещения частоты. Использует калибровочные меры XX, K3, нагрузку. Требует применения внешнего измерителя мощности, подключаемого к USB порту непосредственно, либо через переход USB/GPIB.
Векторная калибровка смесителей	Метод калибровки, используемый при векторном измерении смесителей. Использует калибровочные меры XX, K3, нагрузку.
Автоматическая подстройка частоты смещения	В режиме смещения частоты позволяет автоматически подстраивать частоту, компенсируя погрешность установки внутреннего гетеродина в исследуемом смесителе.

Другие возможности

Управление прибором	Приборы управляются с помощью внешнего компьютера по USB интерфейсу.
Удобный графический интерфейс	Привычный интерфейс, основанный на операционной системе Windows позволяет ускорить освоение прибора пользователем.
Распечатка и сохранение графиков	Возможна распечатка графиков и данных на принтере с предварительным просмотром. Для предварительного просмотра используются три различных программы: MS Word, программа просмотра и распечатки изображений из поставки Windows, внутренняя. Все они позволяют просмотреть, сохранить на диске и распечатать графики.

Удаленное управление

COM/DCOM	Осуществляется удаленное управление в соответствии с программной технологией COM/DCOM. Программа прибора служит в качестве COM/DCOM сервера. Пользовательская программа служит в качестве COM/DCOM клиента. COM клиент выполняется на одном компьютере с программой прибора. DCOM клиент выполняется на отдельном компьютере, соединенном сетью (LAN) с компьютером прибора.
----------	--

1.3 Состав анализаторов.

Анализаторы «S5048», «S7530» предназначены для работы с внешним компьютером, не входящим в комплект поставки, не имеют встроенного компьютера, экрана и клавиатуры.

Анализаторы «S5048», «S7530» включают в себя измерительные блоки IB5048.1 и IB7530.1. Измерительные блоки поставляются с соединителями портов - тип N и тип N 75 по ГОСТ РВ 51914–2002 соответственно.

Питание приборов осуществляется от внешнего источника питания, который не входит в комплект поставки.

Состав анализаторов указан в таблицах 1.1, 1.2 соответственно.

Таблица 1.1 Состав анализатора «S5048»

Наименование	Обозначение	Количество, шт
Блок измерительный	IB5048.1	1
Кабель USB	–	1
Флеш–диск содержащий: программное обеспечение и руководство по эксплуатации	ПО 6687–102–21477812– 2013	1
	РЭ 6687–102–21477812– 2013	1
Формуляр	ФО 6687–102–21477812– 2013	1

Таблица 1.2 Состав анализатора «S7530»

Наименование	Обозначение	Кол-во, шт
Блок измерительный	IB7530.1	1
Кабель USB	—	1
Флеш–диск содержащий: программное обеспечение и руководство по эксплуатации	ПО 6687–102–21477812–2013	1
	РЭ 6687–102–21477812–2013	1
Формуляр	ФО 6687–102–21477812–2013	1

1.4 Устройство и принцип работы

Функциональная схема анализаторов «S5048», «S7530» приведена на рисунке 1.1.

Анализаторы «S5048», «S7530» состоят из измерительных блоков, включающих в себя генераторы испытательного и гетеродинного сигнала, аттенуатор регулировки мощности испытательного сигнала, коммутатор испытательного сигнала на два идентичных блока ответвителей направленных, заканчивающимися соединителями измерительных портов 1 и 2. Падающие и отраженные волны блоков ОН преобразуются смесителями в колебания первой промежуточной частоты 0,4 МГц, поступают в четырехканальный приемник обработки на ПЧ, в котором после фильтрации преобразуются в цифровые коды и подаются на последующую обработку (фильтрация, измерение разности фаз, измерение амплитуды) в сигнальный процессор. Измерительные фильтры на ПЧ реализованы в цифровой форме и имеют полосу пропускания от 1 Гц до 30 кГц. Каждый из портов может быть источником испытательного сигнала или приемником сигнала, прошедшего исследуемое устройство. При этом если порт 1 является источником, то порт 2 будет приемником. Наименования «падающая и отраженная» волна справедливы для порта – источника испытательного сигнала. Сочетание узлов ОН, СМ и четырехканальный приемник обработки на ПЧ образуют четыре идентичных измерительных приемника сигнала.

Работа узлов измерительного блока выполняется под управлением внешнего управляющего компьютера.

Принцип измерения комплексных коэффициентов передачи заключается в подаче на исследуемое устройство от соединителя одного из портов испытательного сигнала на заданной частоте, последующего измерения амплитуды и фазы, прошедших и отраженных исследуемым устройством сигналов и сравнения их с амплитудой и фазой испытательного сигнала.

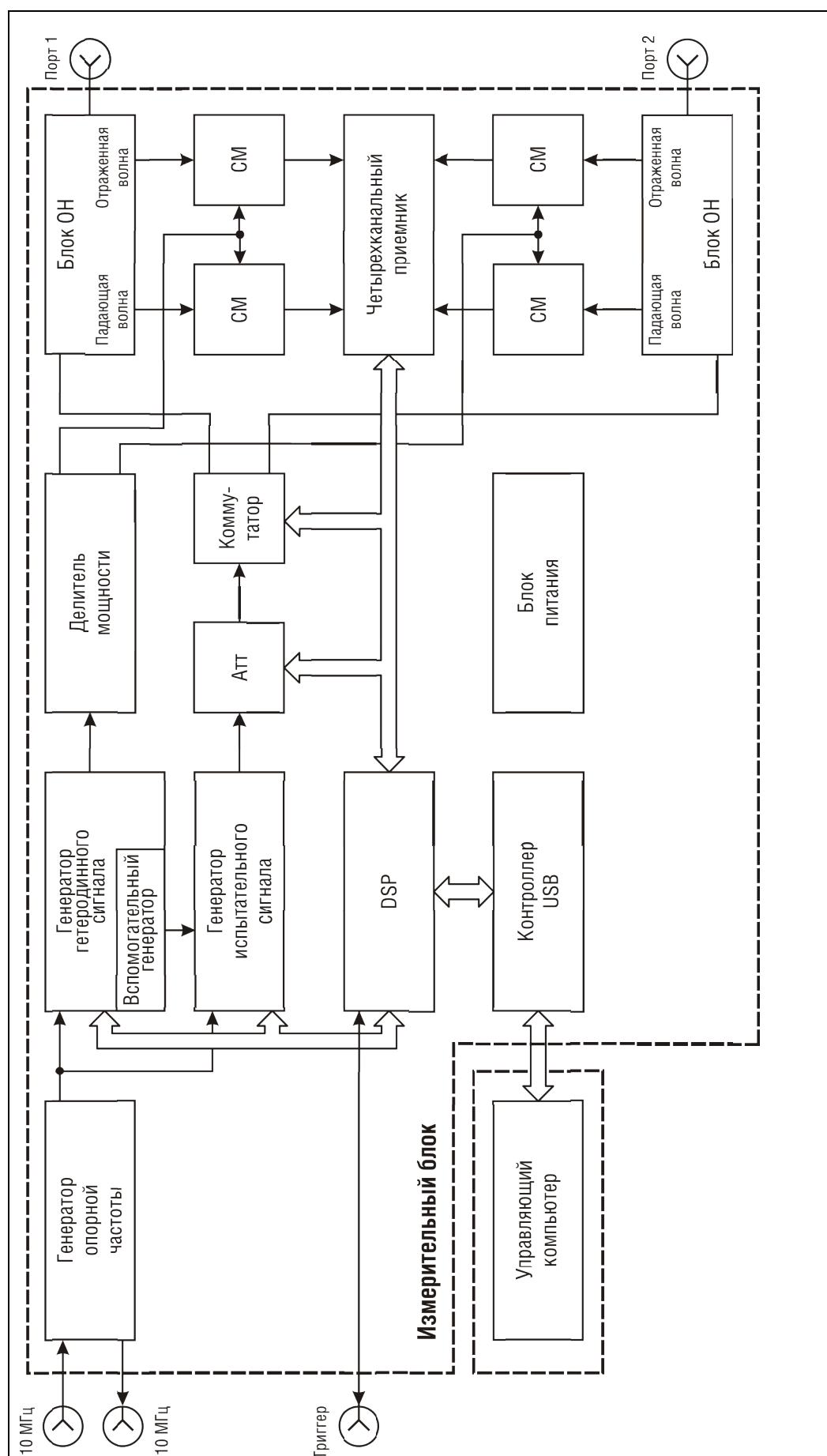
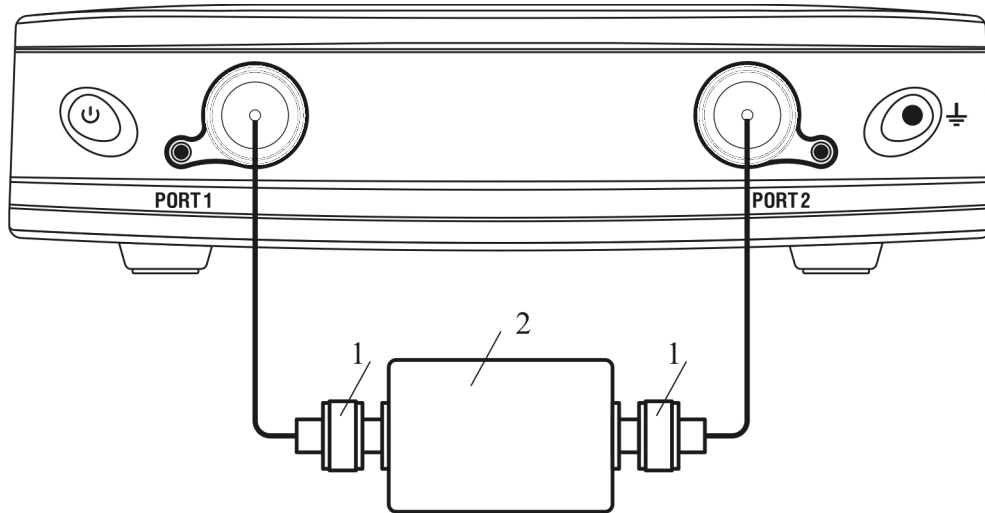


Рисунок 1.1. Функциональная схема «S5048» и «S7530».

1.5 Типовая схема измерений

Основная схема подключения исследуемого устройства приведена на рисунке 1.1. По этой схеме могут быть измерены комплексные коэффициенты отражения S_{11} и S_{22} , а также комплексные коэффициенты передачи S_{21} и S_{12} исследуемого устройства.



- 1 – Измерительные кабели
2 – Исследуемое устройство

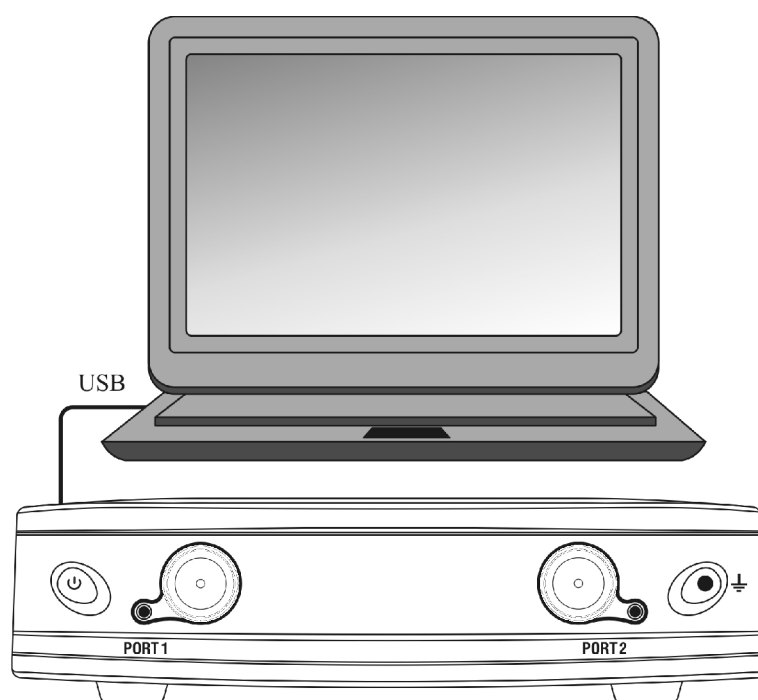
Рисунок 1.1. Схема подключения исследуемого устройства

2 Подготовка к работе

2.1 Общая информация

Распаковать и установить анализатор на рабочем месте. Подключить внешний блок питания анализатора к сети 220 В, 50 Гц и с помощью кабеля питания к измерительному блоку.

Соединить анализатор с персональным компьютером кабелем USB из комплекта поставки. Установить на персональном компьютере программное обеспечение с прилагаемого компакт-диска. Процедура установки программного обеспечения описана ниже.



Прогреть анализатор после включения питания в течение 40 минут.

Собрать схему измерения, подключив к измерительным портам кабели, адаптеры и другие устройства, обеспечивающие присоединение исследуемого устройства.

Провести калибровку анализатора. Калибровка анализатора подробно описана в разделе 5.

2.2 Установка программного обеспечения

Установка программного обеспечения анализатора 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 2000/XP/VISTA/7
	Процессор 1.5 ГГц
	Память 1 ГБ
	USB 2.0

Программное обеспечение поставляется на флеш-диске, входящем в комплект анализатора.

Содержимое флеш-диска	Модуль установки программы Setup_S5048_vX.X.exe ¹
	Драйвер в папке – Driver
	Документация в папке – Doc

Процедура установки программного обеспечения осуществляется в два этапа. Первый этап включает установку драйвера. Второй этап включает установку исполняемого модуля, документацию и другие необходимые файлы.

¹ X.X – номер версии программы

Установка драйвера	Соедините прибор с персональным компьютером кабелем USB из комплекта поставки. Допускается подключение кабеля USB к компьютеру во включенном состоянии. Включите и загрузите компьютер, если он не был включен. Включите прибор клавишей  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: <i>Пуск > Панель управления > Диспетчер устройств</i>. 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 флеш-диске и на жестком диске в папке с установленным ПО. После успешной установки драйвера в системе появится новое USB устройство "OBZOR Network analyzer".
Установка исполняемого модуля и других необходимых файлов	Запустить с прилагаемого флеш-диска программу установки Setup_S5048_vX.X.exe. Следовать пошаговым указаниям программы установки.

2.3 Передняя панель

Общий вид передней панели анализатора представлен на рисунке 2.2.

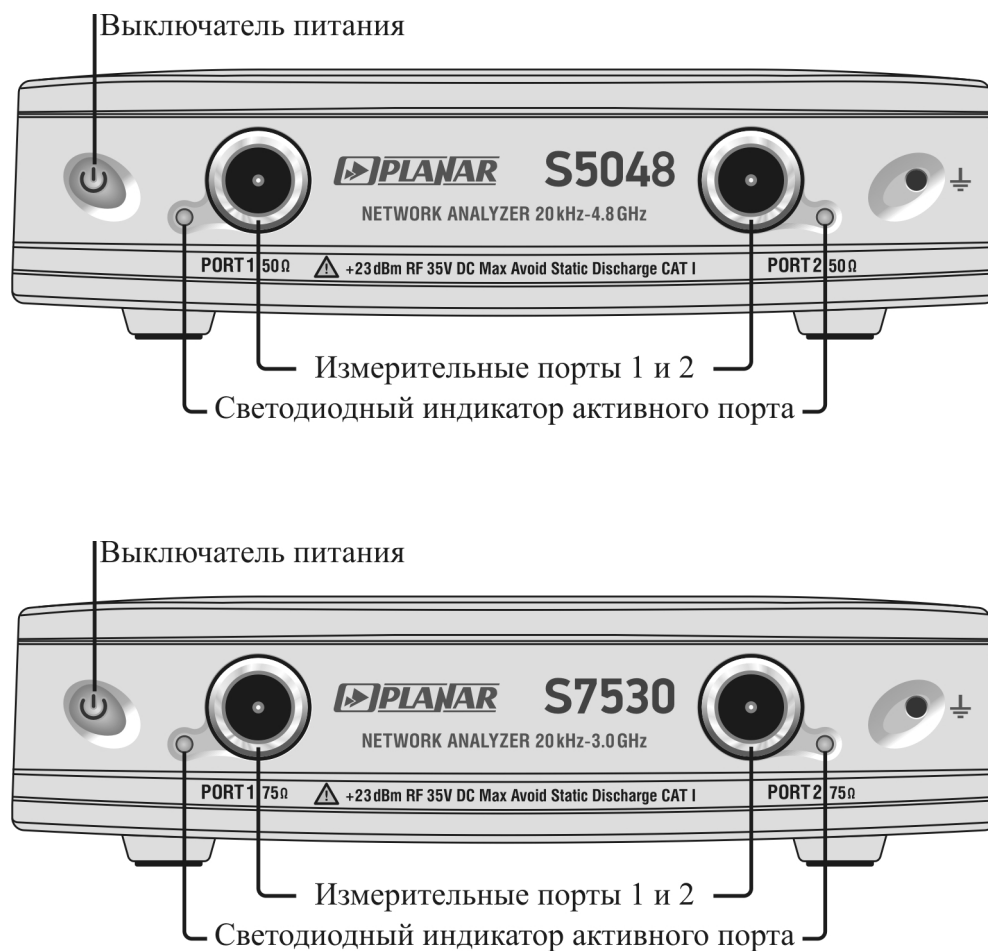


Рисунок 2.1. Передняя панель анализатора

2.3.1 Выключатель питания



Выключатель питания служит для включения / выключения питания анализатора.

Включение или выключение питания анализатора возможно в любой момент времени. При включении питания анализатора, подключенного к компьютеру, программа S5048.exe производит загрузку микропрограмм в анализатор. По окончании загрузки, через 3–5 секунд анализатор готов к работе.

Примечание

При первом включении анализатора, автоматически выполняется процедура установки драйвера USB. Установка драйвера подробно описана в разделе 2.2. Процедура установки драйвера может потребоваться на некоторых компьютерах при изменении порта USB.

2.3.2 Измерительные порты



Измерительные порты 1 и 2 со светодиодными индикаторами оснащены разъемами 50 Ω тип N для «S5048», разъемами 75 Ω тип N 75 для «S7530». Измерительные порты служат для подключения исследуемого устройства. Измерительный порт выступает как в качестве источника стимулирующего радиочастотного сигнала, так и в качестве приемника сигнала от исследуемого устройства. Только один порт может быть одновременно источником сигнала.

При подключении к одному измерительному порту возможно измерение характеристик отражения исследуемого устройства: S_{11} или S_{22} .

При подключении к обоим измерительным портам возможно измерение полной матрицы S-параметров исследуемого устройства.

Примечание

Светодиодный индикатор служит для индикации измерительного порта, который является источником радиочастотного сигнала.

Внимание!	Превышение максимальной входной мощности радиочастотного сигнала или максимального постоянного напряжения, указанных на лицевой панели может привести к выходу анализатора из строя.
-----------	--

2.4 Задняя панель

Общий вид задней панели анализатора представлен на рисунке 2.4. Описание отдельных элементов задней панели представлено ниже.

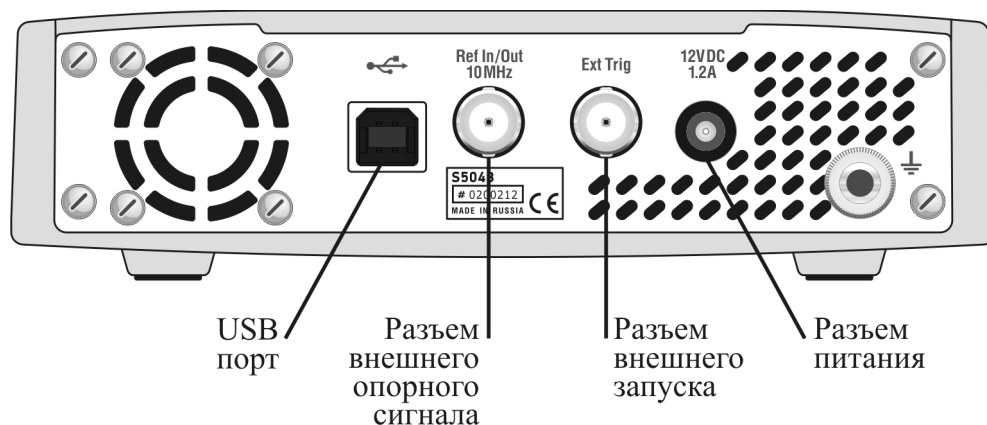


Рисунок 2.2. Задняя панель анализатора

2.4.1 Разъем питания

Разъем предназначен для подключения внешнего источника питания постоянного тока напряжением от 9 до 15 В. В качестве источника питания можно использовать аккумуляторную батарею или бортовую сеть автомобиля через соответствующий кабель питания.

2.4.2 Разъем внешнего опорного сигнала

Частота внешнего опорного генератора 10 МГц, входной уровень 2 дБм $\pm$ 3 дБ, входное сопротивление 50 Ом.

Уровень выходного сигнала опорного генератора, на нагрузке 50 Ом, 3 дБм $\pm$ 2 дБ.

Тип разъёма «BNC» – гнездо.

2.4.3 Разъем внешнего запуска

Разъем для подключения источника сигнала внешнего запуска. Вход триггера для внешнего запуска, «BNC» – гнездо. Входные сигналы ТТЛ совместимые, амплитудой от 3 В до 5 В, минимальной длительностью 1 мкс. Входное сопротивление не менее 10 кОм.

2.4.4 Разъем USB

Разъем для подключения прибора к внешнему компьютеру, исполняющему программу анализатора.

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.

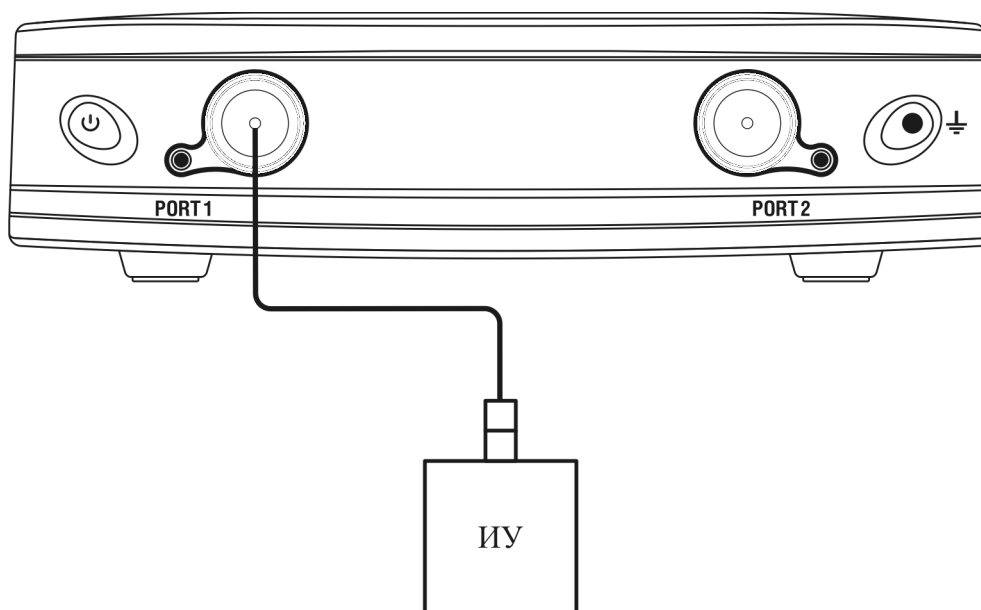


Рисунок 3.1. Схема измерения отражения

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.

Примечание	В данном разделе для управления анализатором используется панель программных кнопок в правой части экрана. Анализатор имеет также другие элементы управления на экране, представляющие быстрый способ доступа к функциям анализатора с помощью мыши (см. раздел 4.3).
------------	---

3.1 Подготовка анализатора к проведению измерений отражения.

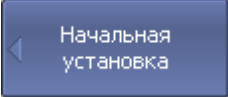
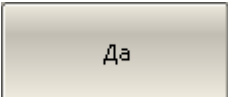
Включите и прогрейте анализатор в течение времени, указанного в технических характеристиках.

Определение работоспособности анализатора	В нижней части экрана располагается строка статуса анализатора. В строке статуса анализатора должна индизироваться 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 N (вилка), то возможно непосредственное подключение ИУ к измерительному порту прибора.

3.2 Начальная установка.

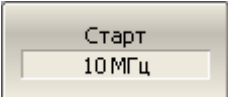
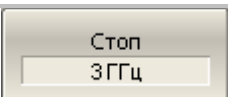
Перед проведением сеанса измерений рекомендуется привести анализатор в начальное состояние. Параметры начального состояния определены в приложении 1.

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

3.3 Установка параметров стимулирующего сигнала.

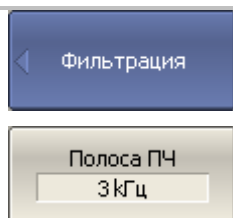
После установки в начальное состояние параметры стимулирующего сигнала имеют следующее значение: диапазон частот от 20 кГц до 4.8 ГГц для S5048 и от 20 кГц до 3 ГГц для S7530, закон сканирования по частоте – линейный, число точек – 201, мощность – 0 дБм.

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 клавиши: «M/μ» (или «M»).
	Для установки верхней частоты диапазона 3 ГГц – нажмите программные кнопки:
	Стимул > Стоп
	Затем наберите на клавиатуре «3». Завершите ввод нажатием на клавиши: «G/h» (или «Г»).
	Для возврата в главное меню нажмите верхнюю программную кнопку синего цвета.

3.4 Установка полосы ПЧ.

В данном примере устанавливается полоса ПЧ 3 кГц.



Для установки полосы ПЧ 3 кГц – нажмите программные кнопки:

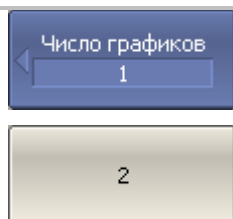
Фильтрация > Полоса ПЧ

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.

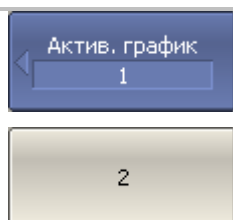


Для установки числа графиков – нажмите программные кнопки:

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.

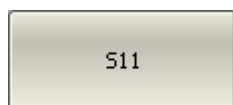
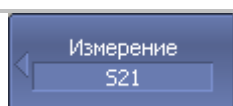


Для выбора второго графика в качестве активного – нажмите программные кнопки:

Индикация > Активный график/канал > Активный график > 2

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

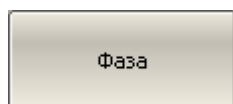
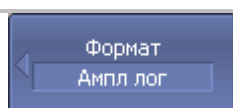
Второму графику необходимо назначить измеряемый параметр – S_{11} , первому графику данный параметр установлен после начальной установки.



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),

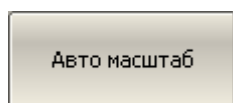
Формат > Фаза (для второго графика).

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.

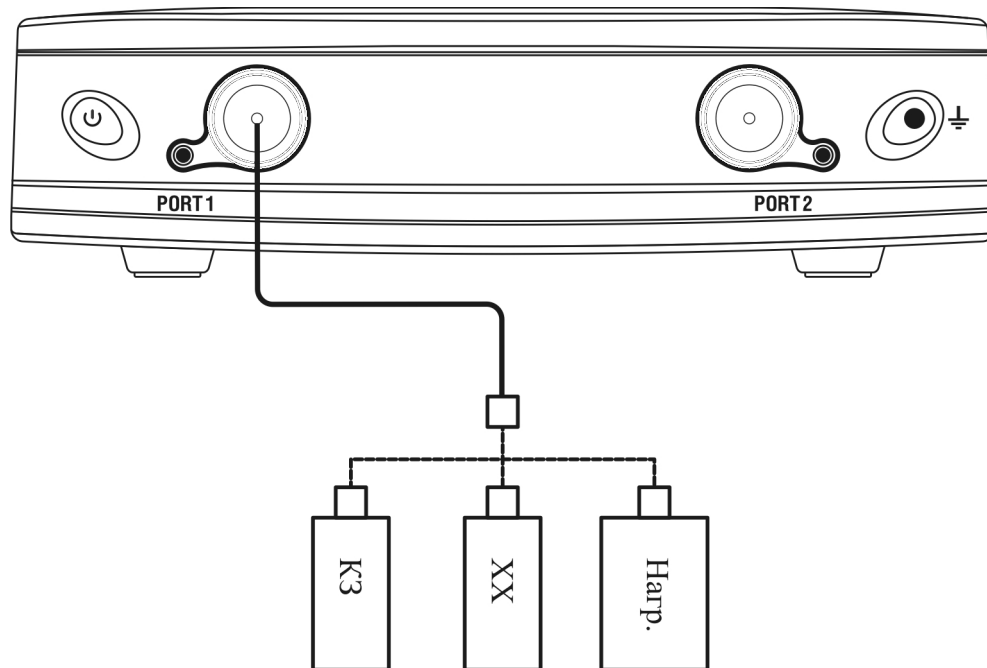
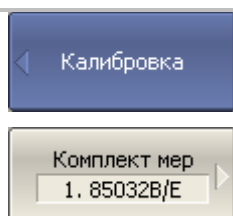


Рисунок 3.2. Схема полной однопортовой калибровки

Перед осуществлением измерений мер необходимо выбрать комплект мер. В данном примере выбирается комплект мер Agilent 85032E.

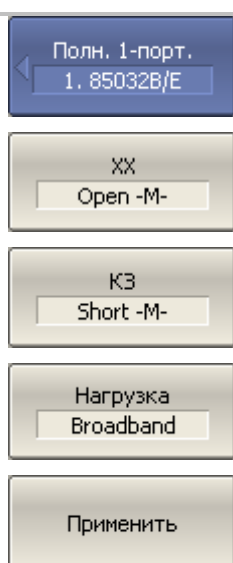


Для выбора комплекта мер нажмите программные кнопки:

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.

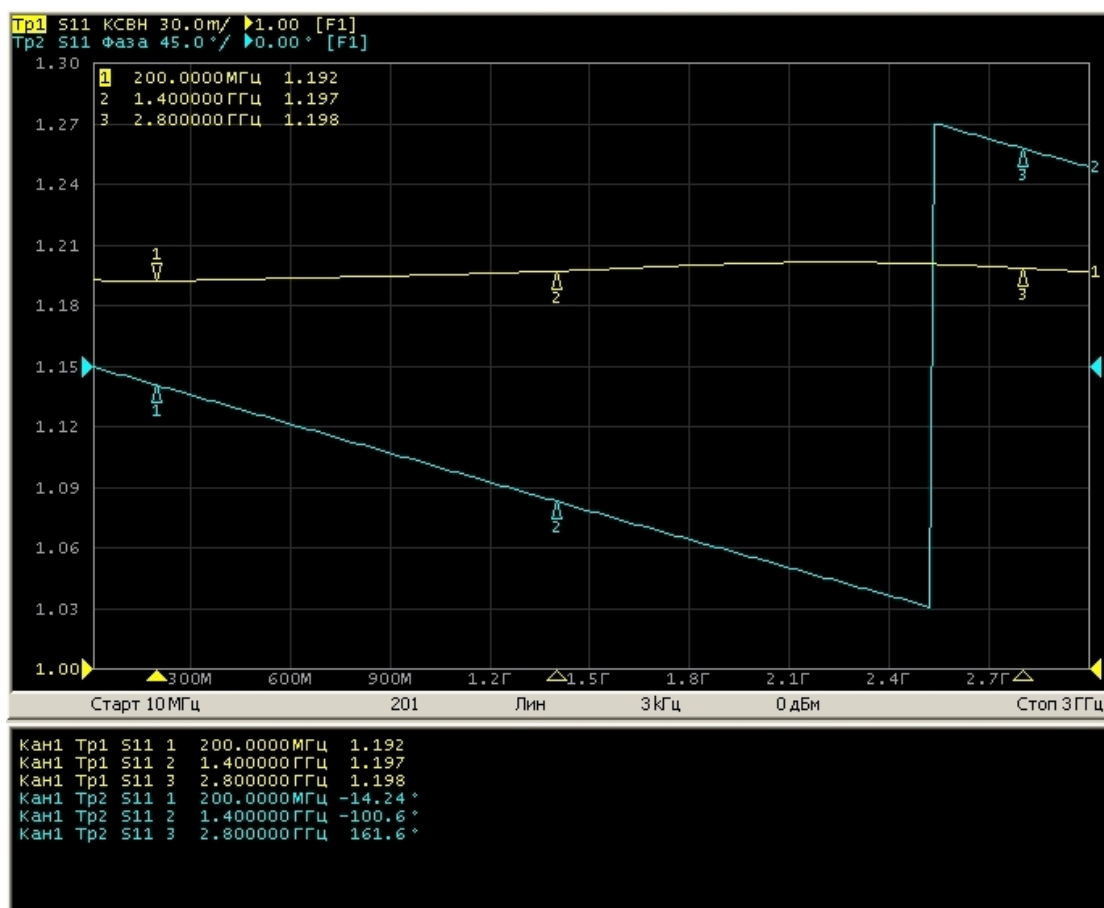
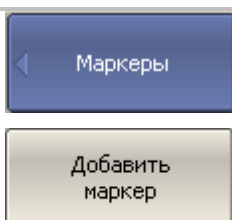


Рисунок 3.3. Пример измерения КСВН и фазы коэффициента отражения



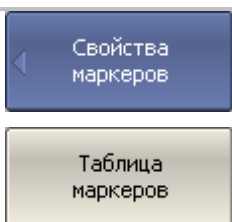
Для добавления на экране нового маркера программные кнопки:

Маркеры > Добавить маркер

Затем введите значение частоты маркера. Например, для ввода частоты 200 МГц нажмите «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

4 Установка параметров анализатора

4.1 Структура и функции экрана

Общий вид экрана анализатора приведен на рисунке 4.1. В данном разделе описаны следующие элементы экрана: панель программных кнопок, строка меню, строка состояния анализатора. Окно канала описывается в следующем разделе.

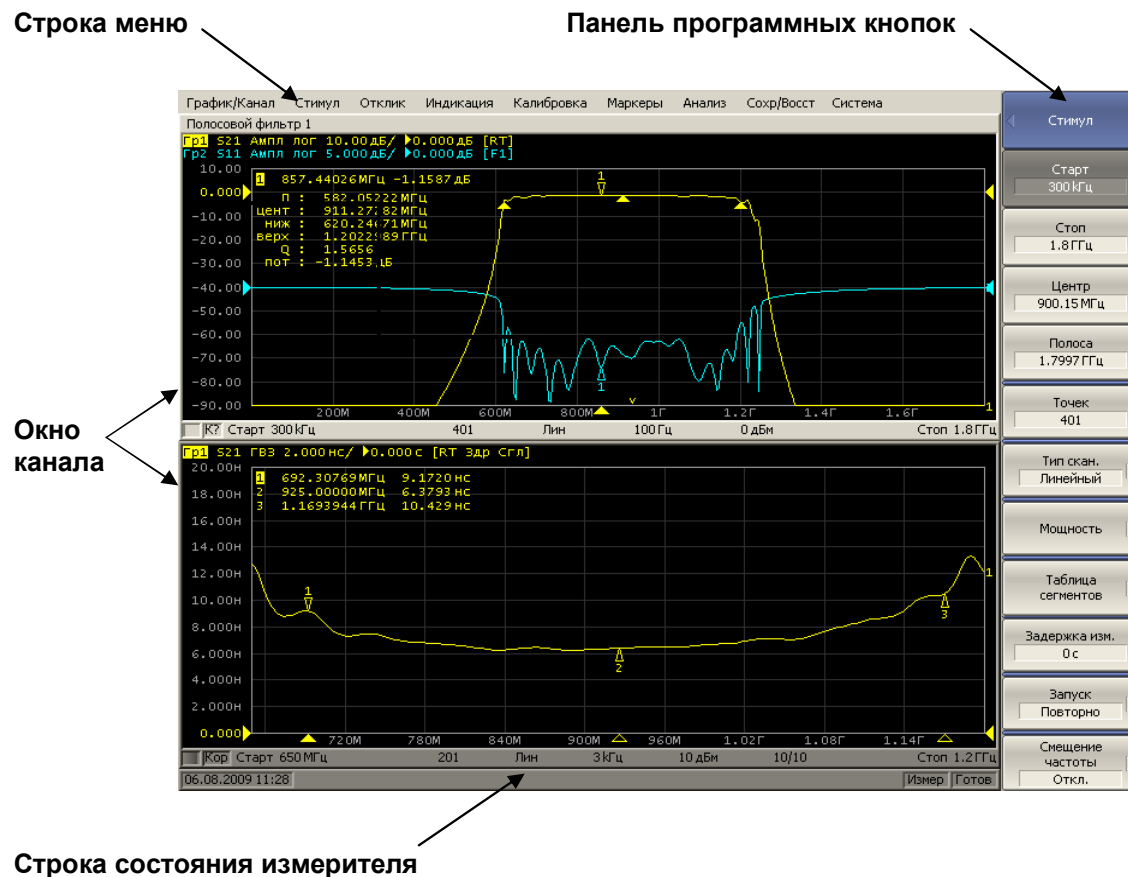


Рисунок 4.1. Общий вид экрана анализатора

4.1.1 Панель программных кнопок

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

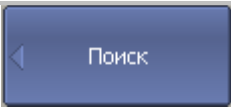
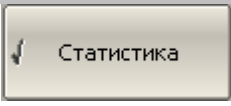
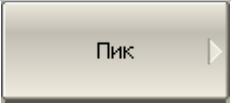
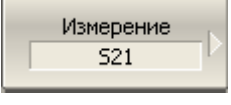
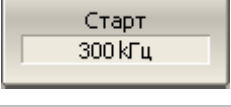
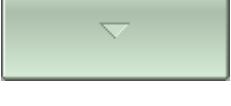
Примечание

Строка меню в верхней части экрана 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. Управление программными кнопками осуществляется мышью.

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

Ниже дано описание различных типов программных кнопок:

	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.
	Выделенная программная кнопка отображается темным цветом. Нажатие клавиши «Enter» вызывает функцию данной кнопки. Перемещение выделения производится клавишами «↑», «↓» или вращающейся ручкой.
	Круглая отметка слева на программной кнопке обозначает выбранную функцию из нескольких возможных.
	Отметка в виде галки слева на программной кнопке обозначает активную функцию, которую можно либо включить, либо отключить.
	Стрелка справа на программной кнопке означает переход на нижний уровень меню.
	Текстовое поле в нижней строки программной кнопки служит для указания выбранной функции.
	Числовое поле в нижней строке программной кнопки служит для ввода числовых данных.
	Программная кнопка навигации появляется в том случае, когда панель программных кнопок не вмещает всех кнопок. Она служит для перемещения по панели программных кнопок.

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.
------------	---

4.1.2 Строка меню

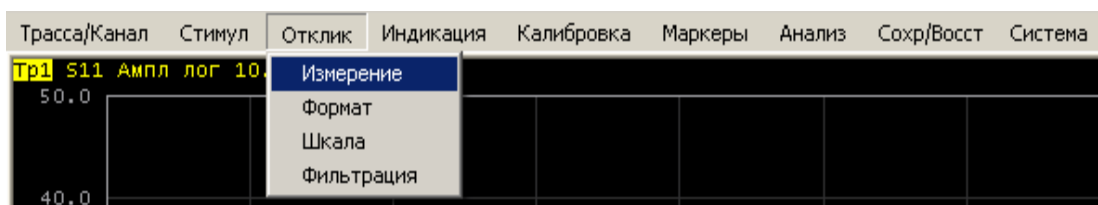


Рисунок 4.2. Строка меню.

Строка меню располагается в верхней части экрана. 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.

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

4.1.3 Строка состояния анализатора



Рисунок 4.3. Строка состояния анализатора.

Строка состояния анализатора располагается в нижней части экрана. Она может содержать следующие сообщения (таблица 4.1):

Таблица 4.1 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 (см. раздел 8.4)
Ошибка заводской калибровки	Ошибка мощности	Ошибка ПЗУ калибровки мощности.
	Ошибка сист. калибровки	Ошибка ПЗУ системной калибровки.
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.

4.2 Окно канала

Окно канала служит для отображения результатов измерений в виде графиков и числовых величин. На экране анализатора может быть одновременно размещено до 16 окон. Каждому окну 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 4.4.

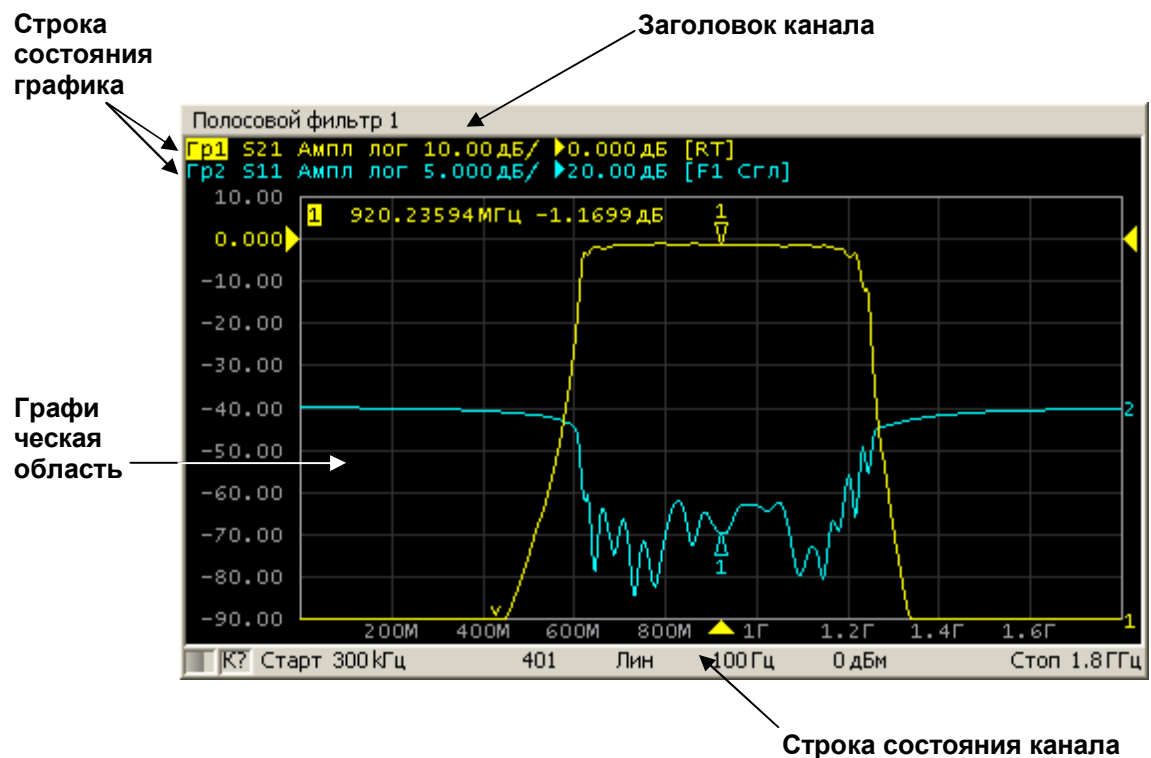


Рисунок 4.4. Окно канала.

4.2.1 Заголовок канала

Заголовок канала служит для ввода пользовательского комментария для окна канала. Заголовок начально 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

4.2.2 Строка состояния графика

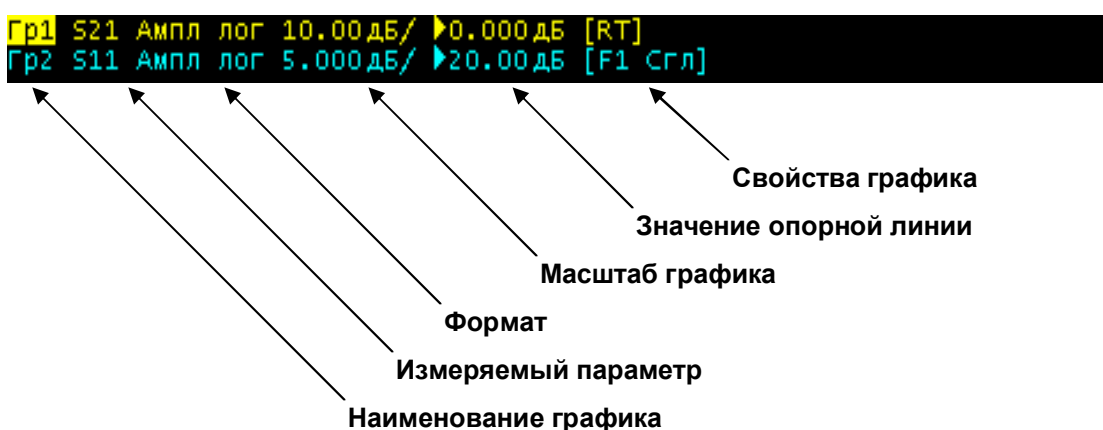


Рисунок 4.5. Строка состояния графика.

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 4.3.
------------	--

Каждая строка содержит следующую информацию об одном графике канала:

- Наименование графика от **«Гр1»** до **«Гр16»**. Наименование активного графика выделено инверсным цветом;
- Измеряемый параметр: S_{11} , S_{21} , S_{12} , S_{22} , 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, **«► 0.00 дБ»**, где **«►»** – знак опорной линии;
- Свойства графика – символы, заключенные в квадратные скобки (см. таблицу 4.2).

Таблица 4.2 Значение символов в свойствах графика.

Свойство	Символы	Значение
Коррекция ошибок	RO	Нормализация отражения мерой XX
	RS	Нормализация отражения мерой КЗ
	RT	Нормализация передачи перемычкой
	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
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
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

4.2.3 Графическая область

Графическая область служит для размещения графиков и цифровых данных.

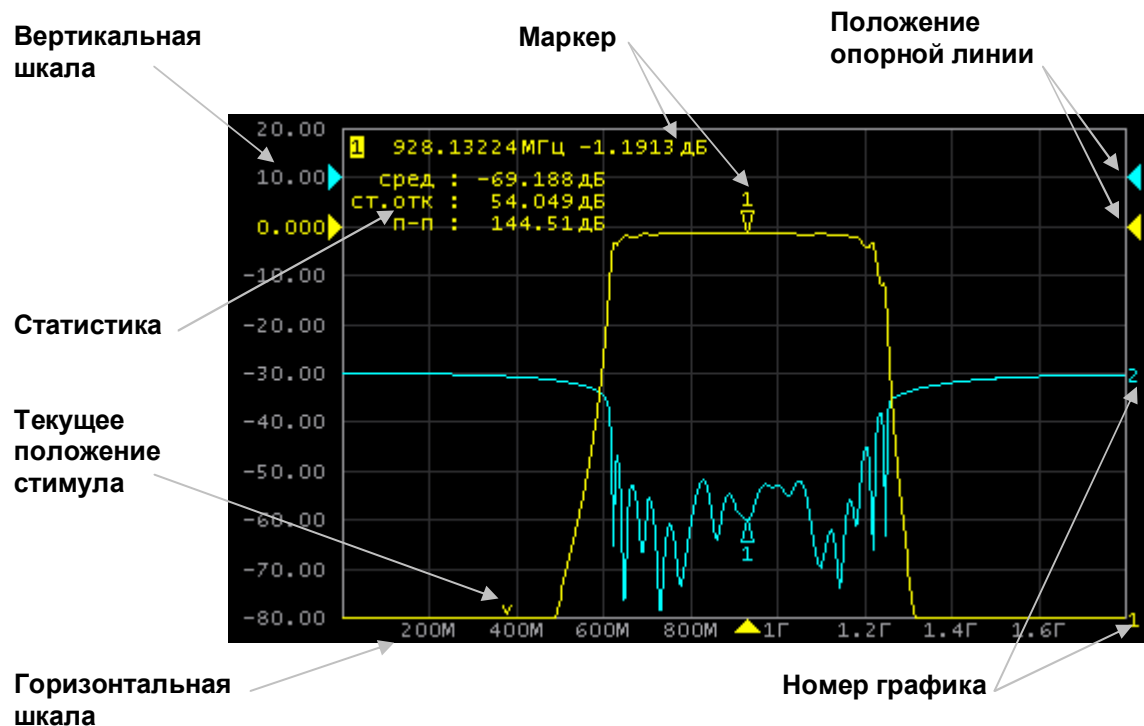


Рисунок 4.6. Графическая область.

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 сек);

Примечание	С помощью указанных элементов графической области возможно быстрое управление мышью всех параметров графика, как описано в разделе 4.3
------------	--

4.2.4 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 4.6), либо могут быть размещены в отдельных частях (рисунок 4.7).

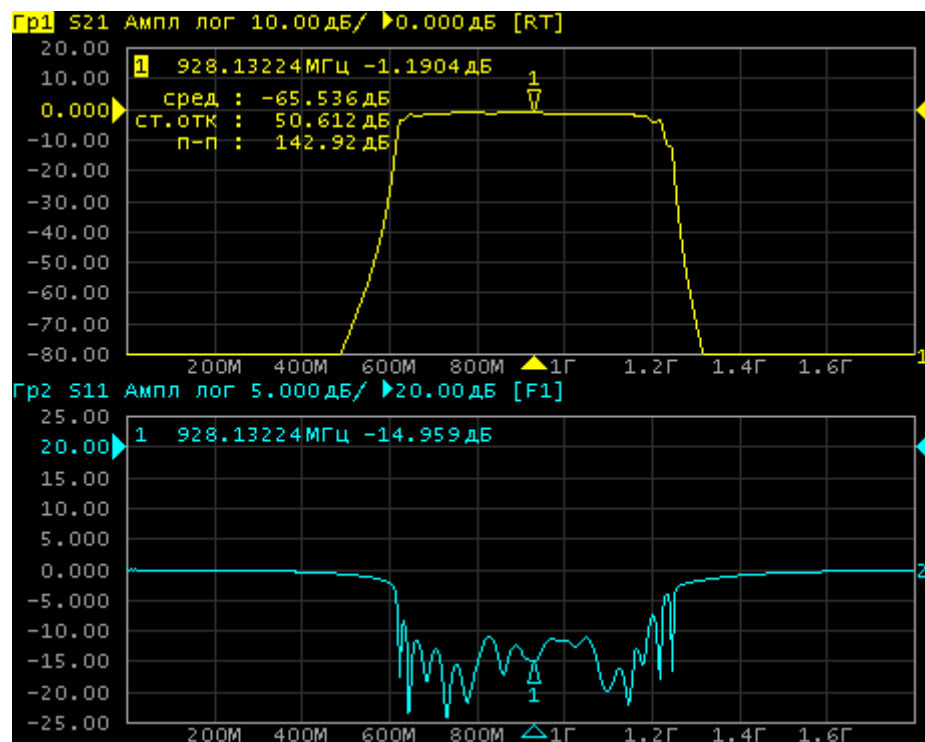


Рисунок 4.7. Пример размещения двух графиков в окне канала.

4.2.5 Маркеры

Маркеры служат для индикации значений измерений в указанных точках графика (рис. 4.8):

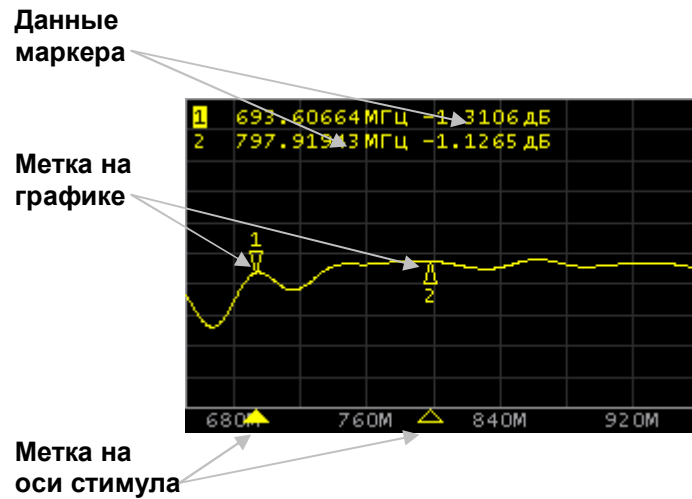


Рисунок 4.8. Маркеры.

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.

4.2.6 Строка состояния канала

Строка состояния канала располагается в нижней части окна канала. Она содержит следующие элементы (рисунок 4.9):

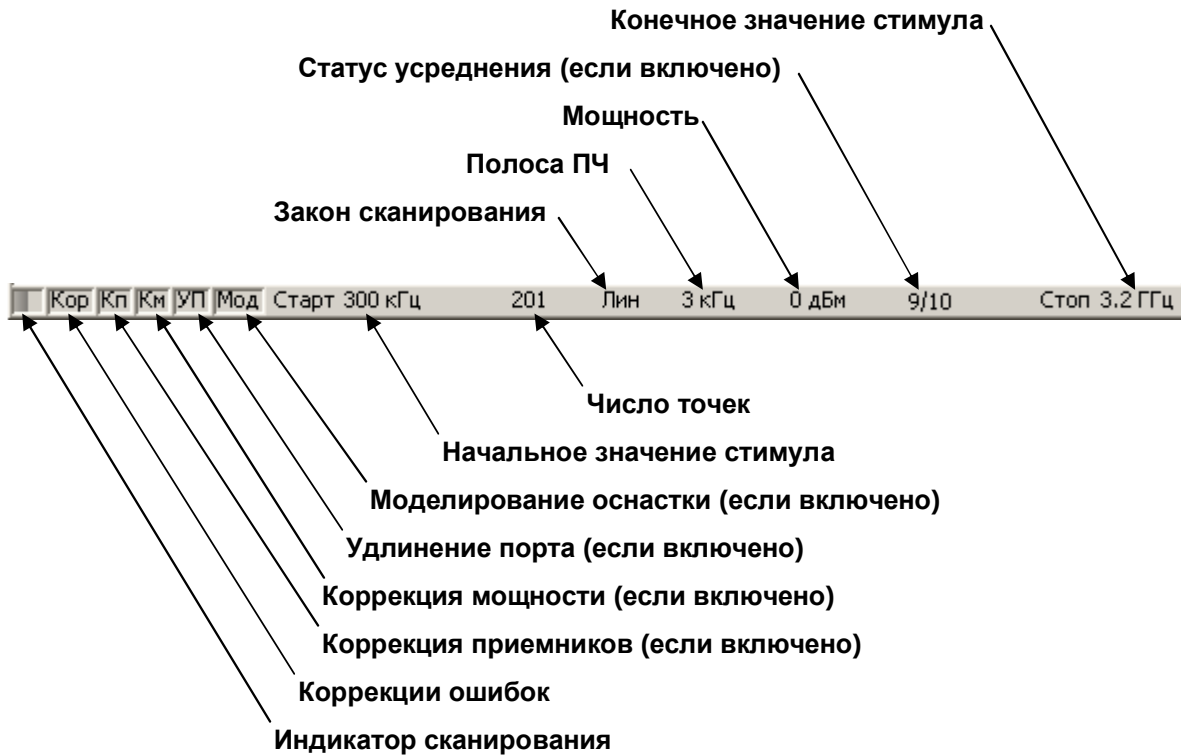


Рисунок 4.9. Строка состояния канала.

- *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 4.3;
- Поле *коррекция приемников* показывает обобщенный статус коррекции приемников для графиков абсолютных измерений мощности. Значения данного поля приведены в таблице 4.4;
- Поле *коррекция мощности* показывает обобщенный статус коррекции мощности для всех графиков. Значения данного поля приведены в таблице 4.5;
- 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 200001.
- Поле *закон сканирования* служит для индикации и изменения закона сканирования. Значения данного поля приведены в таблице 4.6;
- Поле *полоса ПЧ* служит для индикации и переключения полосы ПЧ. Полоса ПЧ может быть установлена от 10 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 4.3 Поле коррекция 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 калибровочных данных. Калибровка не проводилась.	

Таблица 4.4 Поле коррекция приемников

Символы	Значение	Примечание
Кп	Выполняется коррекция усиления приемников, 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).
Кп?	Выполняется коррекция усиления приемников, установки стимула не соответствуют калибровке. Используется интерполяция.	
Кп!	Выполняется коррекция усиления приемников, установки стимула не соответствуют калибровке. Используется экстраполяция.	

Таблица 4.5 Поле коррекция мощности

Символы	Значение	Примечание
Км	Выполняется коррекция мощности портов, 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).
Км?	Выполняется коррекция мощности портов, установки стимула не соответствуют калибровке. Используется интерполяция.	
Км!	Выполняется коррекция мощности портов, установки стимула не соответствуют калибровке. Используется экстраполяция.	

Таблица 4.6 Типы сканирования

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

4.3 Быстрая установка параметров канала мышью.

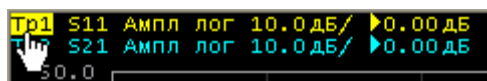
В данном разделе описываются приемы управления анализатором с подключенной к компьютеру мышью, которые позволяют быстро устанавливать параметры канала. При наведении указателя мыши на область внутри окна канала, которая позволяет изменить какой либо параметр канала – указатель мыши меняет свою форму, 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.
------------	---

4.3.1 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.

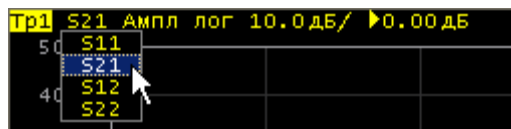
4.3.2 Выбор активного графика



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.

4.3.3 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.

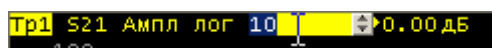
4.3.4 Выбор формата графика



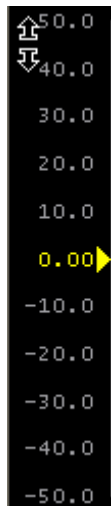
Для выбора формата графика щелкните мышью по наименованию формата в строке состояния графика. Выберите формат из выпадающего меню.

4.3.5 Установка масштаба графика

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



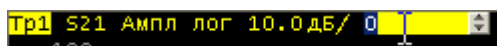
Первый способ – введите числовое значение в строке состояния графика, для чего щелкните мышью по полю масштаба графика.



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.

4.3.6 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.

4.3.7 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

4.3.8 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.

4.3.9 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.

4.3.10 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.

4.3.11 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.

4.3.12 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.

4.3.13 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.



4.3.14 Установка значения поля «Старт / Центр»



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

4.3.15 Установка значения поля «Стоп / Полоса»



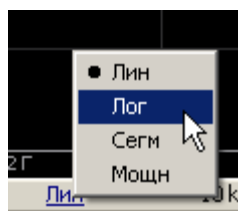
Для ввода числового значения поля **«Стоп / Полоса»** щелкните мышью по данному полю в строке состояния канала.

4.3.16 Установка числа точек сканирования



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

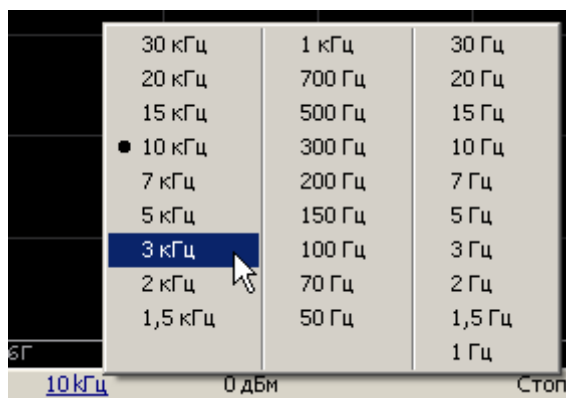
4.3.17 Установка типа сканирования



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

4.3.18 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.

4.3.19 Установка поля «Мощность / Фиксированная частота»



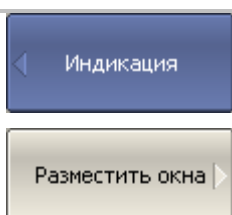
Для ввода значения поля **«Мощность / Фиксированная частота»** в строке состояния канала щелкните мышью по числовому значению поля. Назначение данного поля зависит от текущего типа сканирования: при сканировании частоты данное поле служит для ввода мощности, а при сканировании мощности – фиксированной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

4.4 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 4.7.

4.4.1 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.

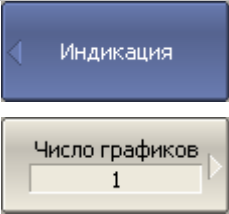
Перед установкой параметров канала необходимо выбрать канал в качестве активного.

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

4.4.2 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**.

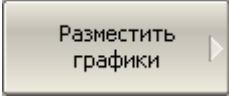
Каждому графику присваиваются начальные параметры: измерение, формат, масштаб, цвет, которые могут быть изменены пользователем.

- 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.
------------	--

4.4.3 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 4.4.1.

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 8.6.
------------	---

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 4.7 Параметры и объекты управления канала

N	Наименование параметра или объекта
1	Тип сканирования
2	Диапазон сканирования
3	Число точек
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 4.8 Параметры и объекты управления графика

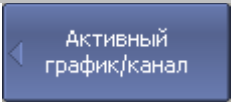
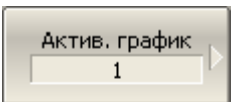
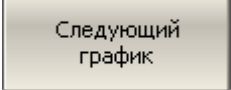
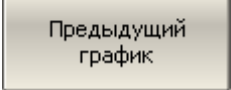
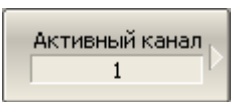
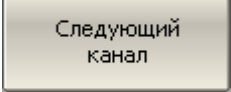
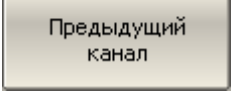
N	Наименование параметра или объекта
1	Измерение (S–параметр)
2	Формат представления
3	Масштаб, значение и положение опорной линии
4	Электрическая длина, смещение фазы
5	Память графика, математическая операция с графиком
6	Сглаживание
7	Маркеры
8	Временная область
9	Преобразование параметров
10	Допусковый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

4.4.4 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.

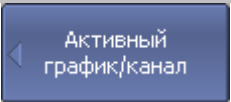
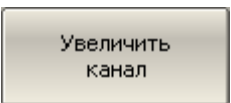
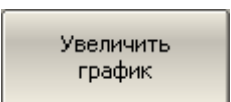
Перед установкой параметров канала или графика необходимо назначить активный канал или график, соответственно.

	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.
	
	
	

4.4.5 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

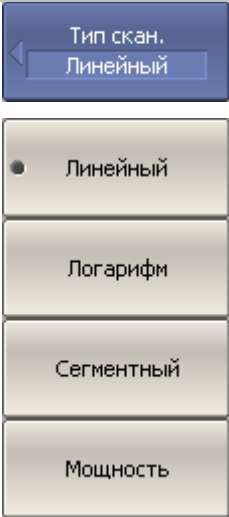
Функция увеличения окна канала и графика возможна двойным щелчком мыши по нему (в измерителе с сенсорным экраном – двойным щелчком по экрану).

4.5 Установка параметров стимула

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

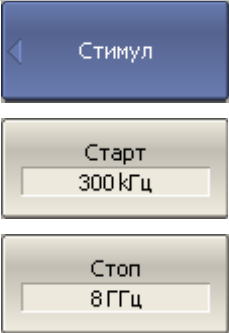
Примечание	Для достижения более точных результатов измерений – проводите измерения с теми же параметрами стимула, которые действовали при калибровке.
------------	--

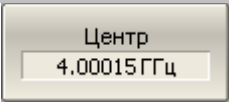
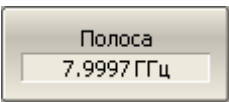
4.5.1 Выбор типа сканирования

	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
--	--

4.5.2 Установка диапазона сканирования

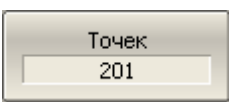
Диапазон сканирования задается для линейного и логарифмического закона сканирования частоты (Гц), а также для линейного закона сканирования мощности (дБм). Диапазон сканирования может быть задан в виде начального и конечного значений или в виде центрального значения и полосы.

	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.

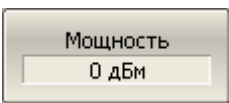
4.5.3 Установка количества точек

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

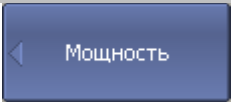
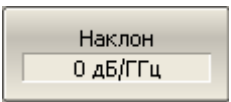
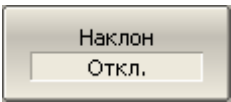
4.5.4 Установка мощности

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

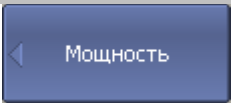
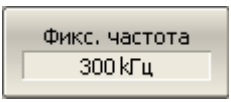
4.5.5 Наклон мощности

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)

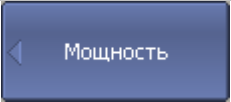
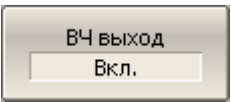
4.5.6 Установка фиксированной частоты

Фиксированная частота определяет частоту источника при линейном законе сканирования мощности.

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

4.5.7 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 о отключении индицируется в строке состояния анализатора (раздел 4.1.3).

4.5.8 Редактирование таблицы сегментов

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

◀ Сtimул Таблица сегментов ▶	Для перехода к вводу таблицы сегментов – нажмите программную кнопку: Сtimул > 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.

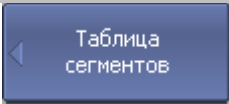
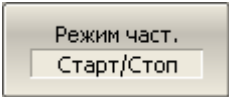
	Старт	Стоп	Точек	Полоса ПЧ	Мощность
1	300 кГц	800 МГц	101	100 Гц	10 дБм
2	800 МГц	1.12 ГГц	21	3 кГц	0 дБм
3	1.12 ГГц	1.99 ГГц	11	30 кГц	-10 дБм
4	1.99 ГГц	2.28 ГГц	21	3 кГц	0 дБм
5	2.28 ГГц	3.2 ГГц	101	100 Гц	10 дБм

Всего точек: 255

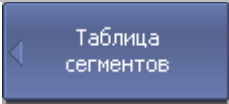
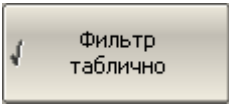
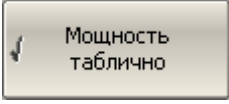
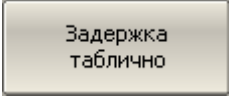
Каждая строка таблицы определяет один сегмент. Таблица может содержать от одной до нескольких строк. Число строк ограничено суммарным числом точек всех сегментов – 20001.

◀ Таблица сегментов Добавить Удалить	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».
	

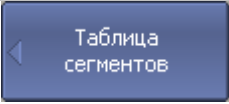
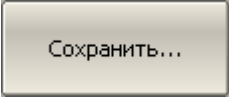
Для сегмента можно задать необязательные параметры – полоса ПЧ, мощность, задержка измерения. Если такой параметр не задан, то используется соответствующее значение для линейного сканирования частоты, одинаковое для всех сегментов.

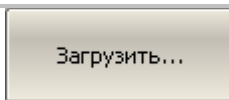
	Для задания полосы ПЧ каждого сегмента – нажмите программную кнопку Фильтр таблично.
	Для задания мощности каждого сегмента – нажмите программную кнопку Мощность таблично.
	Для задания задержки измерения каждого сегмента – нажмите программную кнопку Задержка таблично.
	

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.

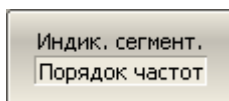
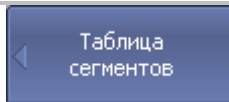
	Для сохранения таблицы на диске – нажмите программную кнопку Сохранить...
	Затем введите имя файла в открывшемся диалоговом окне.



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

Затем выберите имя файла в открывшемся диалоговом окне.

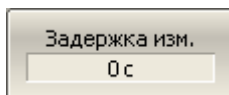
График сегментного сканирования может иметь два различных закона индикации оси частот. Ось частот может отображаться на основе частот точек измерения. В некоторых случаях бывает удобно отображать ось частот на основе порядковых номеров точек измерения.



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

4.5.9 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.

4.6 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 анализатором 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 анализатором по COM/DCOM.

Запуск ← Повторно Останов Однократно ● Повторно	Для выбора режима запуска – нажмите программные кнопки: Стимул > Запуск Затем выберите режим запуска: ▪ Останов ▪ Однократно ▪ Повторно
Останов все каналы Повторно все каналы	Программные кнопки Останов все каналы и Повторно все каналы – служат для группового перехода всех каналов в соответствующий режим.
Сброс запуска Запуск	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 <i>ручного</i> запуска.
Источник зап. ← Внутренний ● Внутренний Внешний Ручной Шина	Для выбора источника запуска – нажмите программные кнопки: Стимул > Запуск > Источник зап. Затем выберите источник запуска: ▪ Внутренний ▪ Внешний ▪ Ручной ▪ Шина

4.7 Установка измеряемых параметров

4.7.1 S – параметры

При анализе высокочастотных цепей используются понятия падающего, отраженного и переданного (выходного) сигнала бегущей волны, распространяющейся по линиям передач (рисунок 4.10).

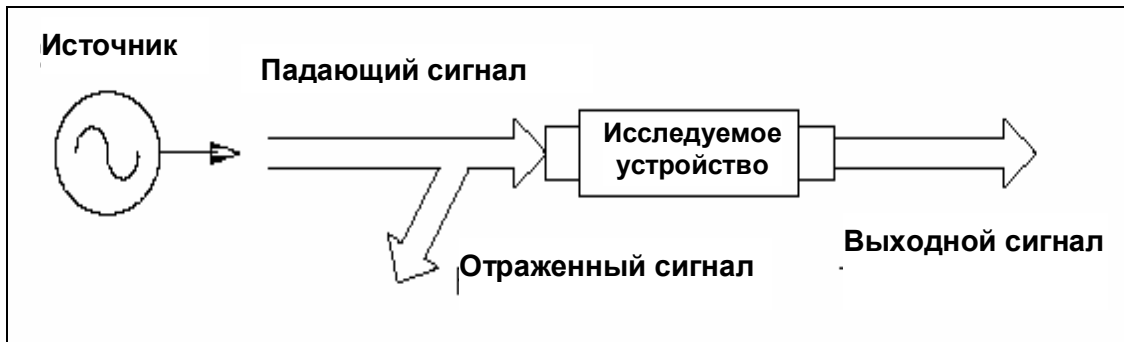


Рисунок 4.10.

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:

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

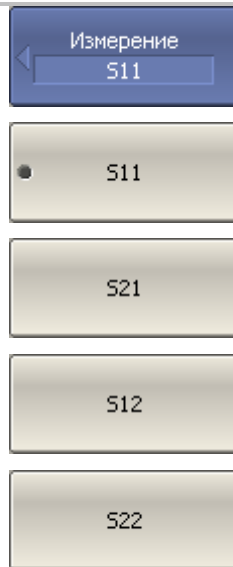
Измерение полной матрицы рассеяния в измерителе производится за одно подключение исследуемого устройства.

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.

4.7.2 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.

4.7.3 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 двухпортовом измерителе содержатся четыре независимых приемника: **A**, **B**, **R1**, **R2** (рисунок 4.11).

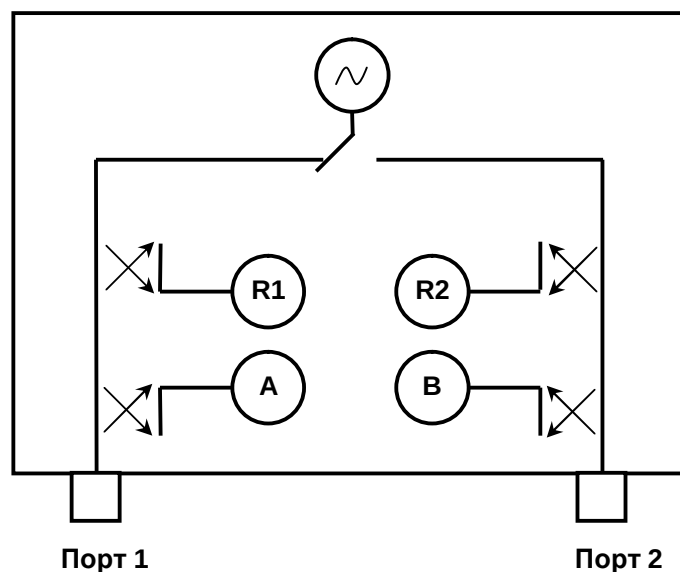


Рисунок 4.11 Структурная схема анализатора

Приемники опорного сигнала называются R1 и R2, а приемники тестового сигнала называются А и В. Приемники А и R1 расположены в первом порте, приемники В и R2 расположены во втором порте. В зависимости от номера порта – источника сигнала различают шесть видов абсолютных измерений (таблица 4.9):

Таблица 4.9 Абсолютные измерения

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

4.7.4 Порядок установки абсолютных измерений

← 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

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.
------------	---

4.8 Установка формата

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

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

4.8.1 Формат прямоугольных координат

В формате прямоугольных координат по оси X откладываются значения стимула, а по оси Y – значения измеряемой величины (рисунок 4.12).

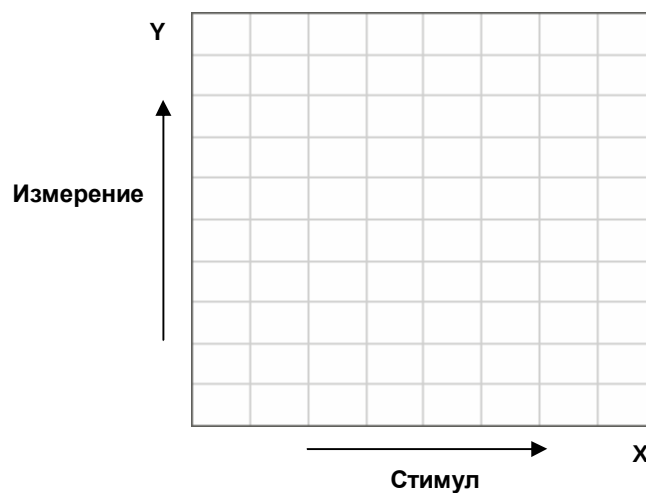


Рисунок 4.12 Прямоугольные координаты

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 4.10).

Таблица 4.10 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 $+180^\circ$: $\Phi = \frac{180}{\pi} \cdot \arctg \frac{a}{b}$	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: $t = -\frac{d\varphi}{d\omega} ,$ $\varphi = \arctg \frac{a}{b} , \quad \omega = 2\pi \cdot f$	Секунда (с)
Амплитуда в линейном масштабе	Ампл лин	модуль S–параметра в линейном масштабе: $ S = \sqrt{a^2 + b^2}$	Безразмерная
Реальная часть	Реал	Реальная часть S–параметра: $a = \operatorname{re}(S)$	Безразмерная
Мнимая часть	Мним	Мнимая часть S–параметра: $b = \operatorname{im}(S)$	Безразмерная

4.8.2 Формат полярной диаграммы

В формате полярной диаграммы результаты измерения отображаются на круговой диаграмме (рисунок 4.13). 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.

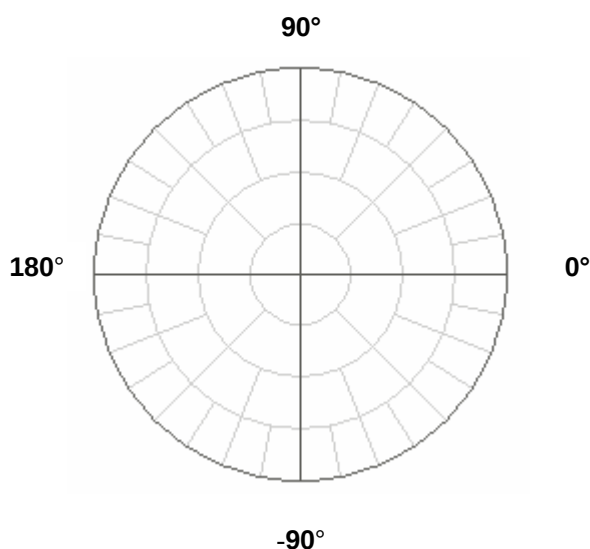


Рисунок 4.13 Полярные координаты

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 4.11 Виды форматов полярной диаграммы.

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

4.8.3 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.

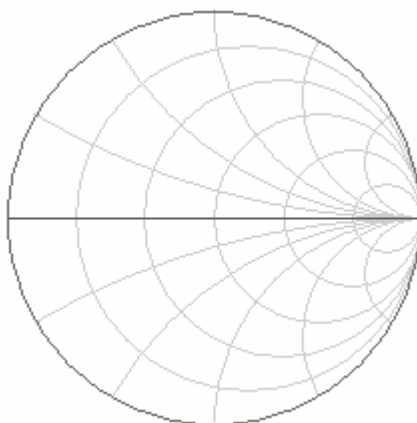


Рисунок 4.14 Диаграмма Вольперта–Смита.

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 4.12 Виды форматов диаграммы Вольперта – Смита.

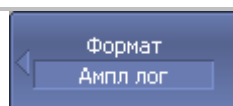
Наименование формата	Краткое наименование формата	Тип данных на маркерах	Единица измерения оси Y
Амплитуда в линейном масштабе и фаза	Вольп (Лин)	Модуль S-параметра в линейном масштабе	Безразмерная
		Фаза S-параметра в градусах	Градус (°)
Амплитуда в логарифмическом масштабе и фаза	Вольп (Лог)	Модуль 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	Вольт (R + jX)	Активная часть полного входного сопротивления: $R = \operatorname{re}(Z_{\text{ex}}),$ $Z_{\text{ex}} = Z_0 \frac{1+S}{1-S}$	Ом(Ω)
		Реактивная часть полного входного сопротивления: $X = \operatorname{im}(Z_{\text{ex}})$	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)
Полная входная проводимость	Вольт (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 5.2.12.

4.8.4 Порядок установки формата

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

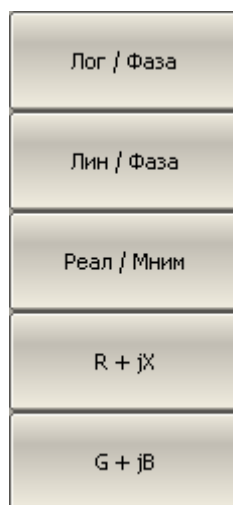
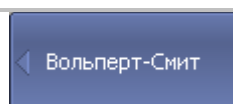


Для выбора прямоугольного формата – нажмите программную кнопку:

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

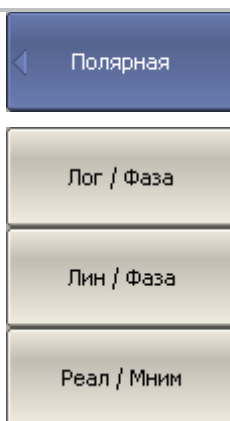


Для выбора формата диаграммы Вольперта Смита – нажмите программные кнопки:

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**

4.9 Установка масштаба графика

4.9.1 Масштаб прямоугольных координат

Масштаб прямоугольных форматов устанавливается с помощью следующих параметров (рисунок 4.15):

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

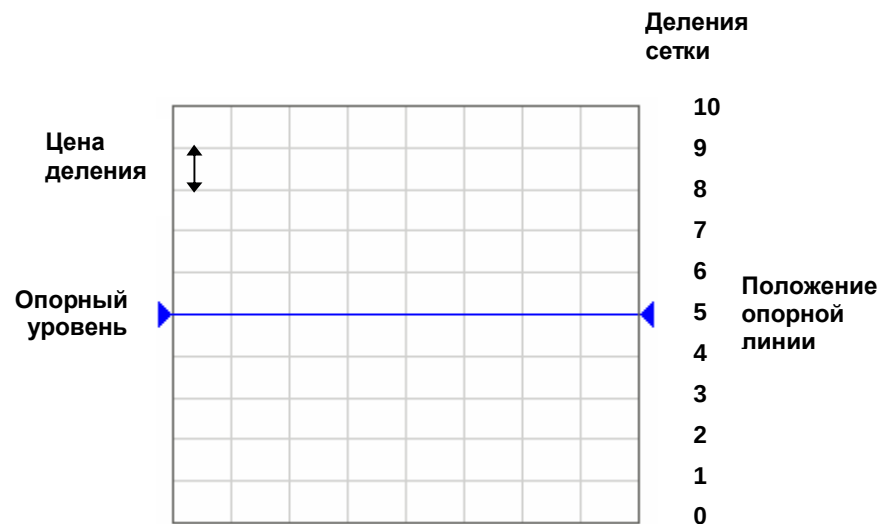


Рисунок 4.15 Масштаб прямоугольных координат

4.9.2 Порядок установки масштаба прямоугольных координат

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

← Масштаб	Для установки цены деления – нажмите программные кнопки:
Масштаб 10 дБ/дел	Масштаб > Масштаб.
Опорн. уровень 0 дБ	Для установки опорного уровня – нажмите программные кнопки:
Опорная линия 5	Масштаб > Опорн. уровень.
Делений 10	Для установки положения опорной линии – нажмите программные кнопки:
	Масштаб > Опорная линия.
	Для установки числа делений графика – нажмите программные кнопки:
	Масштаб > Делений.²
Примечание	Быстрое измерение масштаба графика с использованием мыши описано в разделе 4.3.

4.9.3 Масштаб круговых координат

Масштаб полярной диаграммы и диаграммы Вольперта-Смита устанавливается указанием радиуса внешней окружности (рисунок 4.16).

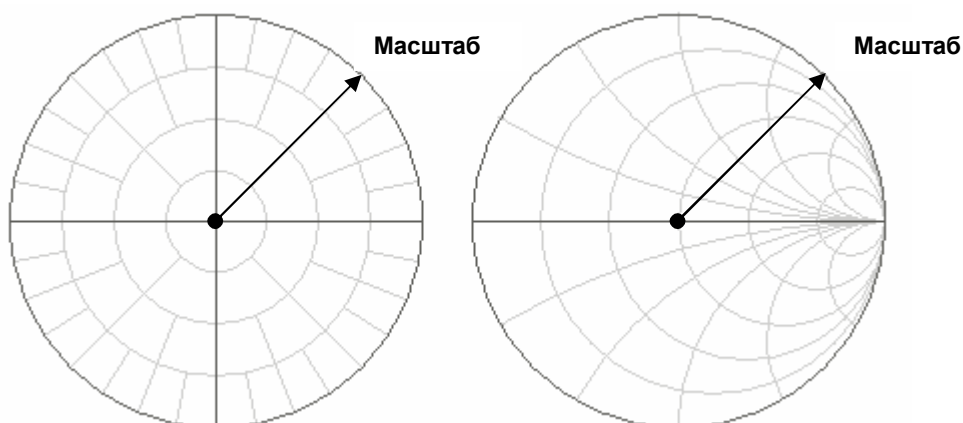
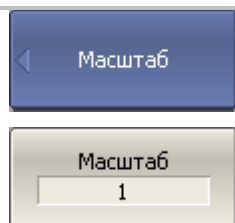


Рисунок 4.16 Масштаб круговых координат

² Число делений влияет на все графики канала.

4.9.4 Порядок установки масштаба полярных координат



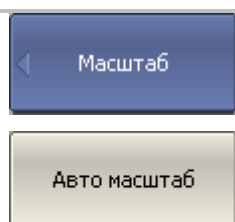
Для установки масштаба круговых координат – нажмите программные кнопки:

Масштаб > Масштаб.

4.9.5 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.



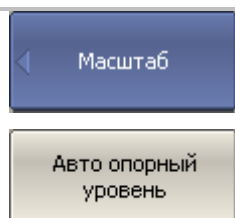
Для автоматического выбора масштаба – нажмите программные кнопки:

Масштаб > Авто масштаб.

4.9.6 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.

4.9.7 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.

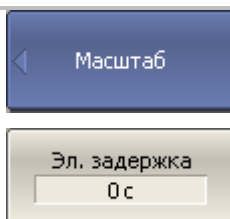
При задании не нулевой электрической задержки – значение S -параметра преобразуется в соответствии с формулой:

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

f – частота, Гц,

t – электрическая задержка, сек.

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

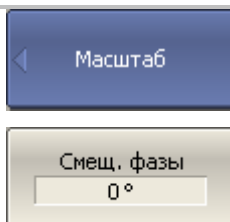


Для ввода величины электрической задержки – нажмите программные кнопки:

Масштаб > Эл. задержка.

4.9.8 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.

4.10 Фильтрация

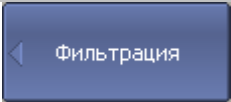
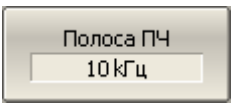
В разделе меню «Фильтрация» производится установка полосы ПЧ, усреднения и сглаживания измерений.

4.10.1 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 10 Гц до 30 кГц.

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.

4.10.2 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:

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

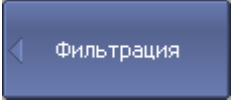
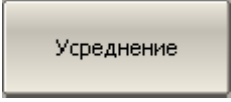
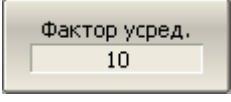
M_i – результат усреднения на i – цикле сканирования;

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.

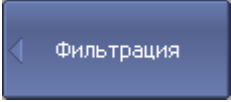
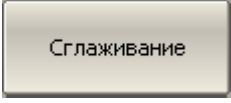
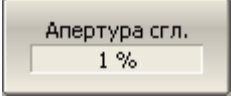
	Для включения и отключения функции усреднения – нажмите программные кнопки: Фильтрация > Усреднение.
	Для установки фактора усреднения – нажмите программные кнопки:
	Фильтрация > Фактор усред.

4.10.3 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.

4.11 Измерение смесителей

4.11.1 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 4.17).

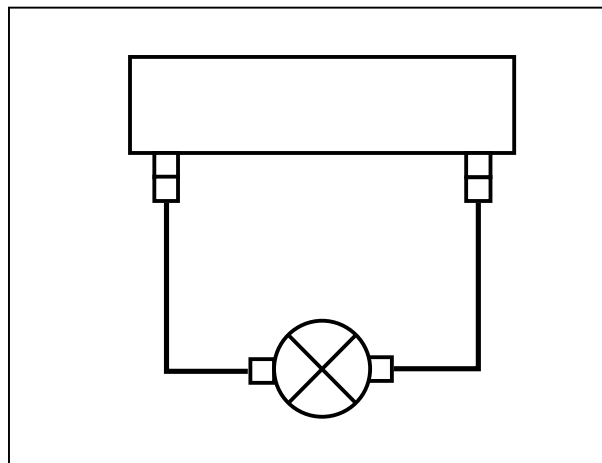


Рисунок 4.17 Схема скалярных измерений смесителей

Основой скалярного метода является *режим смещения частоты*. Режим смещения частоты вводит частотное смещение между портами анализатора и подробно описан в разделе 4.11.2. 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 4.7.3, 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 4.18). Это дополнительный смеситель с фильтром, называемый *калибровочным смесителем* и генератор, служащий общим источником частоты гетеродина для исследуемого и калибровочного смесителей.

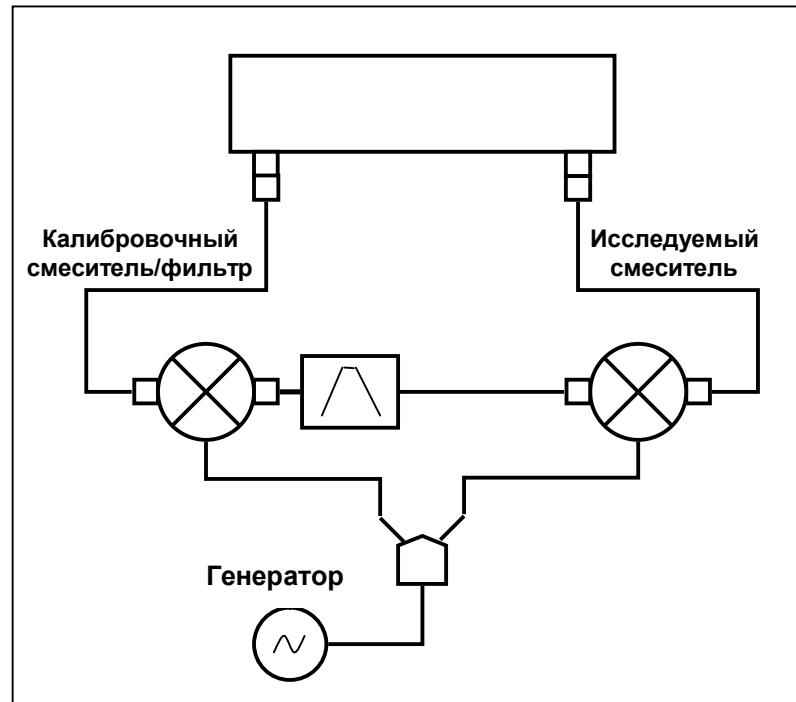


Рисунок 4.18 Схема векторных измерений смесителей

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.

4.11.2 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*.

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

M – множитель,

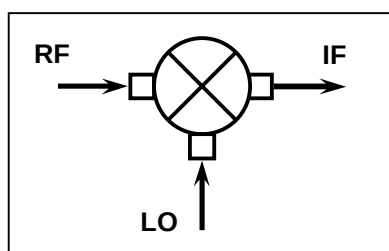
D – делитель,

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 4.19).

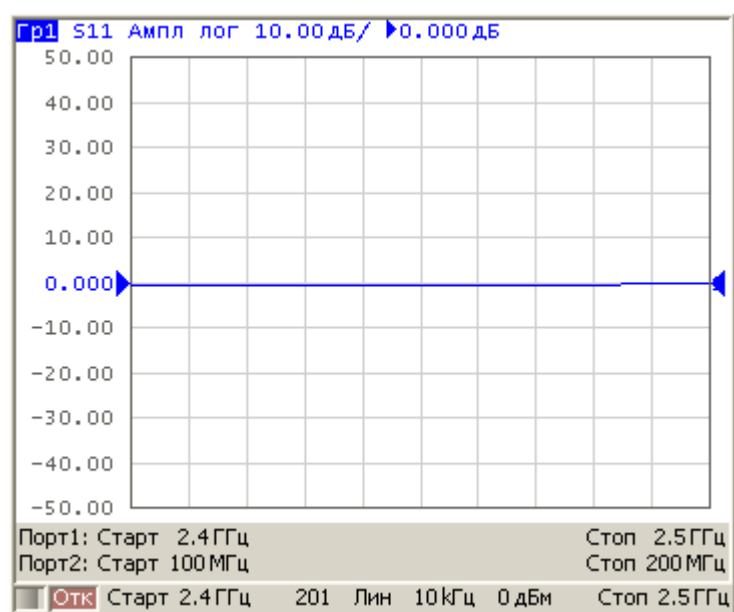


Рисунок 4.19 Окно канала в режиме смещения частоты

← Сдвиг частоты	Для включения / выключения режима смещения частоты – нажмите программные кнопки:
Сдвиг частоты Вкл.	Стимул > Сдвиг частоты > Сдвиг частоты.
← Сдвиг частоты Порт 1	Для ввода коэффициентов смещения первого порта – нажмите программные кнопки:
Множитель 1	Стимул > Сдвиг частоты > Порт 1 > Множитель Делитель Сдвиг.
Делитель 1	
Сдвиг 0 Гц	

Смещение частоты Порт 2
Множитель 1
Делитель 1
Смещение 0 Гц

Для ввода коэффициентов смещения второго порта – нажмите программные кнопки:

Стимул > Смещение частоты > Порт 2 > Множитель | Делитель | Смещение.

4.11.3 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 4.20)

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.

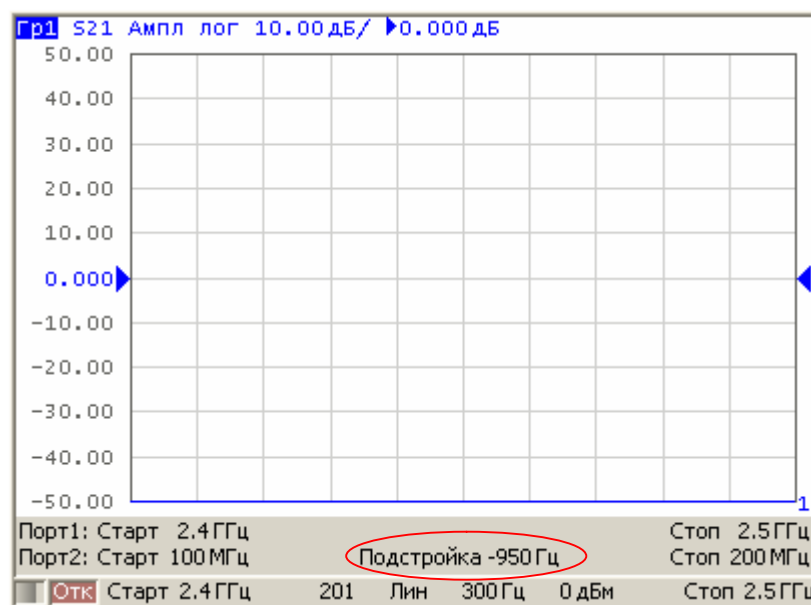


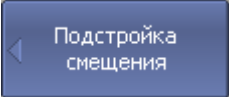
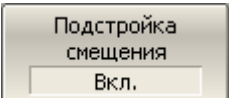
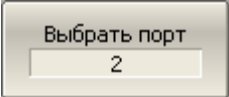
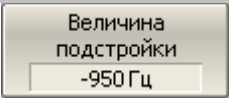
Рисунок 4.20 Окно канала в режиме смещения частоты с функцией АПЧС.

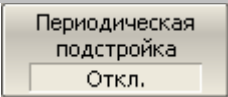
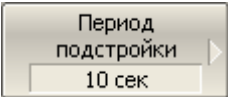
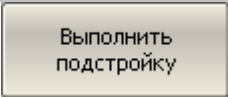
Типовая погрешность АПЧС зависит от полосы текущего фильтра ПЧ и приведена в таблице 4.13.

Таблица 4.13 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

4.11.3.1 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;
- Согласование источника;
- Согласование приемника;
- Развязка;
- Частотная неравномерность.

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

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

5.1.2.1 Направленность.

Ошибка измерения, вызванная направленным ответвителем в порте – источнике сигнала, из-за неспособности последнего абсолютно разделить сигналы падающей и отраженной 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.

Для обозначения направленности далее используется – **Ed**.

5.1.2.2 Согласование источника

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.

Ошибка согласования источника оказывает значительное влияние при измерении ИУ с плохим согласованием входа.

Для обозначения согласования источника далее используется – **Es**.

5.1.2.3 Согласование приемника

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.

При измерении передачи ошибка согласования приемника оказывает значительное влияние в случае плохого согласования выхода ИУ.

При измерении отражения ошибка согласования приемника оказывает значительное влияние в случае плохого согласования выхода и малого затухания между выходом и входом ИУ.

Для обозначения согласования приемника далее используется – **EI**.

5.1.2.4 Развязка

Ошибка измерения, вызванная проникновением паразитного сигнала из порта – источника в порт – приемника, минуя исследуемое устройство.

Типовое значение развязки в анализаторе на уровне ниже –125 дБ позволяет пренебречь данной ошибкой в большинстве случаев. Возможность измерения развязки во всех видах калибровки предусмотрена как необязательная.

Для обозначения развязки далее используется – **Ex**.

5.1.2.5 Частотная неравномерность отражения

Ошибка измерения, вызванная различием частотно–зависимых амплитудных и фазовых характеристик путей распространения отраженного и опорного сигнала в порте–источнике сигнала.

Для обозначения частотной неравномерности отражения далее используется – **Er**.

5.1.2.6 Частотная неравномерность передачи

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

Для обозначения частотной неравномерности передачи далее используется – **Et**.

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 ИУ используется один порт анализатора. Сигнальный граф модели ошибок измерения для порта 1, показан на рисунке 5.1. Для порта 2 сигнальный граф ошибок аналогичен.

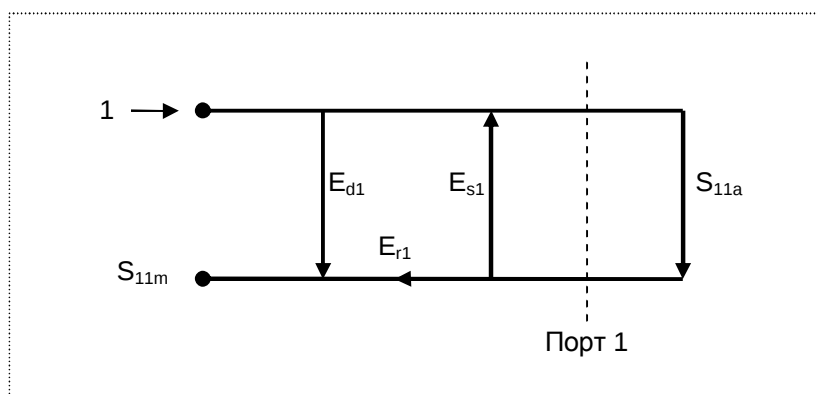


Рисунок 5.1 Однопортовая модель ошибок

Где:

- S_{11a} – истинное значение коэффициента отражения;
- S_{11m} – измеренное значения коэффициента отражения;

На результат измерения отражения в порте 1 влияют три систематических ошибки измерения:

- E_{d1} – направленность;
- E_{s1} – согласование источника;
- E_{r1} – частотная неравномерность отражения.

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

Установив в процессе **полной однопортовой** калибровки все три ошибки E_{d1} , E_{s1} , E_{r1} для каждой измеряемой частоты можно получить истинное значение коэффициента отражения S_{11a} , математически устранив ошибки из измеряемой величины S_{11m} .

Существуют упрощенные методы калибровки, которые устраняют влияние только одной или двух систематических ошибок из трех.

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:

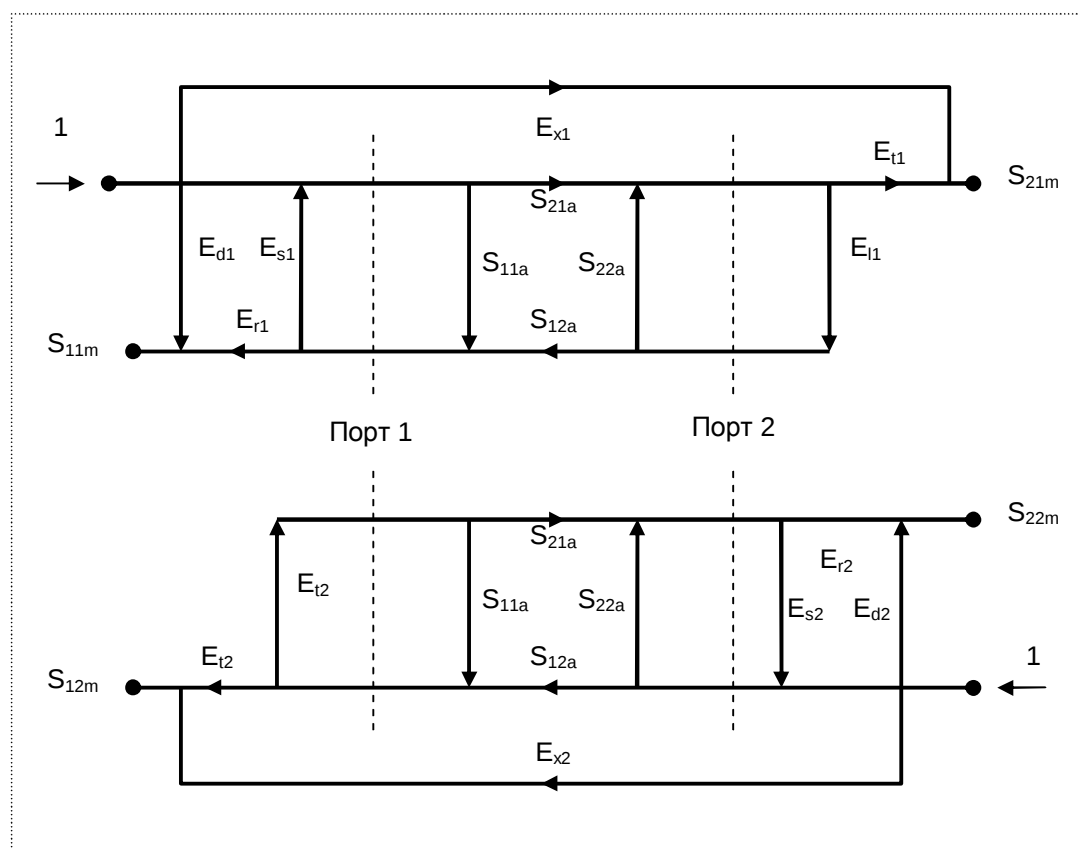


Рисунок 5.2 Двухпортовая модель ошибок

На рисунке используются обозначения:

- S_{11a} , S_{21a} , S_{12a} , S_{22a} – истинные значения параметров ИУ;
- S_{11m} , S_{21m} , S_{12m} , S_{22m} – измеренные значения параметров ИУ;

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}

Установив в процессе **двухпортовой** калибровки все двенадцать ошибок для каждой измеряемой частоты можно получить истинное значение S -параметров: S_{11a} , S_{21a} , S_{12a} , S_{22a} .

Существуют упрощенные методы калибровки, которые устраняют влияние только одной или нескольких систематических ошибок из двенадцати

Примечание	При использовании двухпортовой калибровки, вычисление любого из S -параметров требует знания всех четырех измерений S_{11m} , S_{21m} , S_{12m} , S_{22m} , поэтому для обновления одного или всех S -параметров анализатор должен сделать два частотных сканирования: порт 1 – источник сигнала, затем порт 2 – источник 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 (тип N 50 Ω), 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.

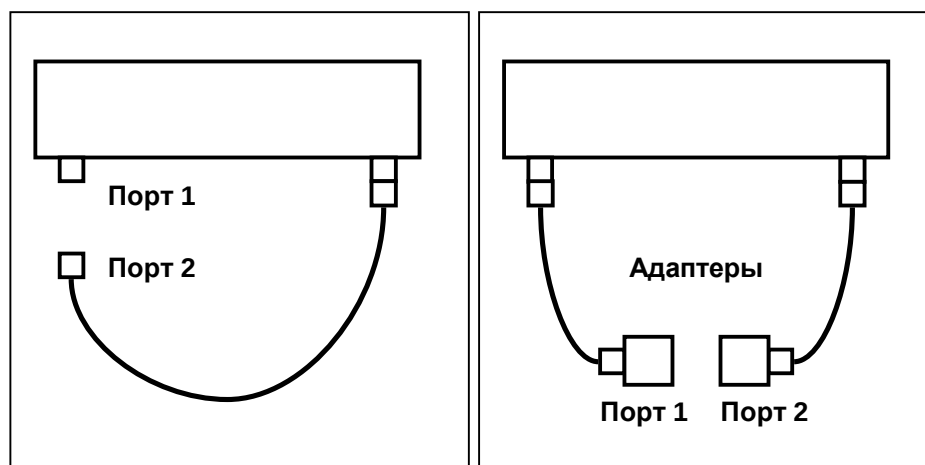


Рисунок 5.3 Примеры определения измерительных портов

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

Процесс калибровки включает в себя следующие стадии:

- Выбор комплекта калибровочных мер, соответствующего типу соединительных разъемов измерительного порта.
- Выбор метода калибровки, 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;
- Анализатор сравнивает измеренные параметры калибровочных мер с их заранее известными параметрами. Разница используется для вычисления калибровочных коэффициентов (систематических ошибок);
- Таблица калибровочных коэффициентов сохраняется в измерителе 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. Следующая таблица дает обзор методов калибровки.

Таблица 5.1 Методы калибровки

Метод калибровки	Измеряемые параметры	Меры	Ошибки	Точность
Нормализация отражения	S_{11} или S_{22}	- КЗ или ХХ - Нагрузка ³	E_{r1}, E_{d1} ¹ или E_{r2}, E_{d2} ¹	Низкая
Нормализация передачи	S_{21} или S_{12}	- Перемычка 2 нагрузки ⁴	E_{t1}, E_{x1} ² или E_{t2}, E_{x2} ²	Низкая
Полная однопортовая калибровка	S_{11} или S_{22}	- 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}	- КЗ - ХХ - Нагрузка - Перемычка 2 нагрузки ²	$E_{r1}, E_{d1}, E_{s1}, E_{t1}, E_{x1}$ ² или $E_{r1}, E_{d1}, E_{s1}, E_{t1}, E_{x1}$ ²	Средняя
Полная двухпортовая калибровка	$S_{11}, S_{21}, S_{12}, S_{22}$	- КЗ - ХХ - Нагрузка - Перемычка 2 нагрузки ²	$E_{r1}, E_{d1}, E_{s1}, E_{t1}, E_{l1}, E_{x1}$ ² $E_{r2}, E_{d2}, E_{s2}, E_{t2}, E_{l2}, E_{x2}$ ²	Высокая
TRL калибровка	$S_{11}, S_{21}, S_{12}, S_{22}$	- Перемычка или линия - Мера с высоким коэф. отражения - Линия или 2 нагрузки	$E_{r1}, E_{d1}, E_{s1}, E_{t1}, E_{l1}$ $E_{r2}, E_{d2}, E_{s2}, E_{t2}, E_{l2}$	Очень высокая

³ Если выполняется опциональная калибровка направленности.

⁴ Если выполняется опциональная калибровка развязки.

5.1.6.1 Нормализация

Нормализация – это простейший 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,
- односторонняя 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 трех калибровочных мер к одному порту:

- мера КЗ,
- мера ХХ,
- 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 – переключки 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 (**El**) двухпортовой модели ошибок измерения.

Однонаправленная двухпортовая калибровка подходит в случае измерения параметров устройства в одном направлении, например S_{11} и S_{21} .

5.1.6.6 Полная двухпортовая калибровка

Полная двухпортовая калибровка требует семь подключений калибровочных мер. Она совмещает две 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 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.

5.1.6.8 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:

$$\Delta F < \frac{1}{4 \cdot \tau_0}, \quad \text{где } \tau_0 - \text{задержка четырехполюсника.}$$

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.

5.1.6.9 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 XX),
- 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 XX 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.

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.

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.

Волновое сопротивление линий и нагрузок.

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 50Ω .

Опорная линия.

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.

TRL-линия.

TRL-линией называется воздушная линия, используемая в TRL калибровке, 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:

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

$$\Delta L = L_1 - L_0,$$

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 используется в нижней части частотного диапазона, так она работает начиная с нулевой частоты.

TRL-отражатель.

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.

Расширение частотного диапазона TRL калибровки:

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.

Для расширения частотного диапазона калибровки программное обеспечение прибора позволяет использовать до 8 линий. Для это служат два механизма управления комплектами калибровочных мер:

- назначение частотных границ калибровочным мерам, которое подробно описано в разделе "5.3.2 Определение калибровочных мер";
- назначение классов калибровочных мер с возможностью отнесения до 8 калибровочных мер к одному классу, так называемых *подклассов* мер. Подробнее смотри раздел "5.3.4 Назначение классов калибровочных мер".

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.

5.1.6.10 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 "5.2.7.1 Multiline опция TRL калибровки".

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

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.	

* Задержка для коаксиальных воздушных линий равна $\frac{L}{v}$, где L – длина линии, а v – скорость волны в линии $2.9979 \cdot 10^8$ м/с.

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 предопределенные. 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:

- XX,
- 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 измерителе 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 XX, КЗ, фиксированная нагрузка, переключатель/линия.

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

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

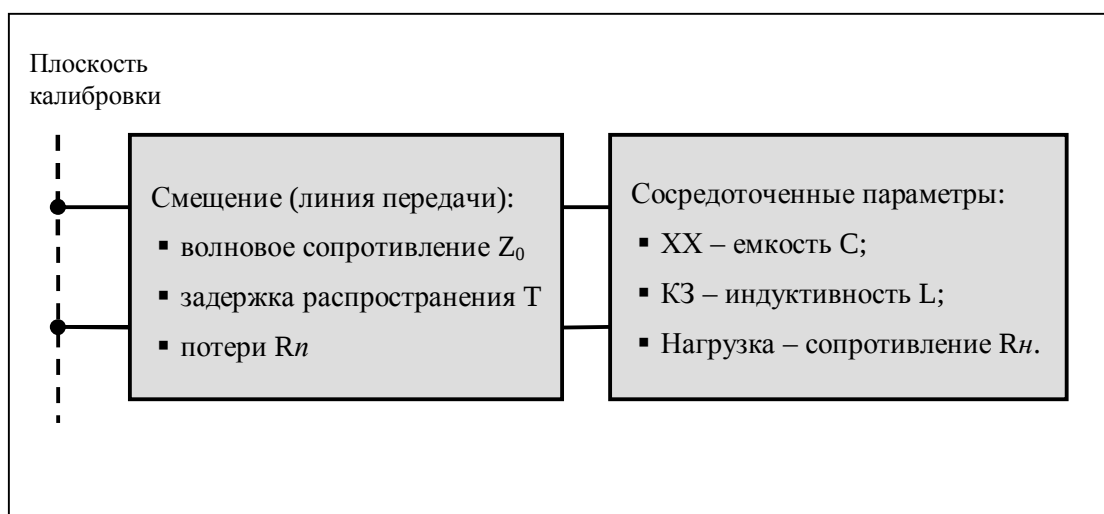


Рисунок 5.4 Модель однопортовой меры

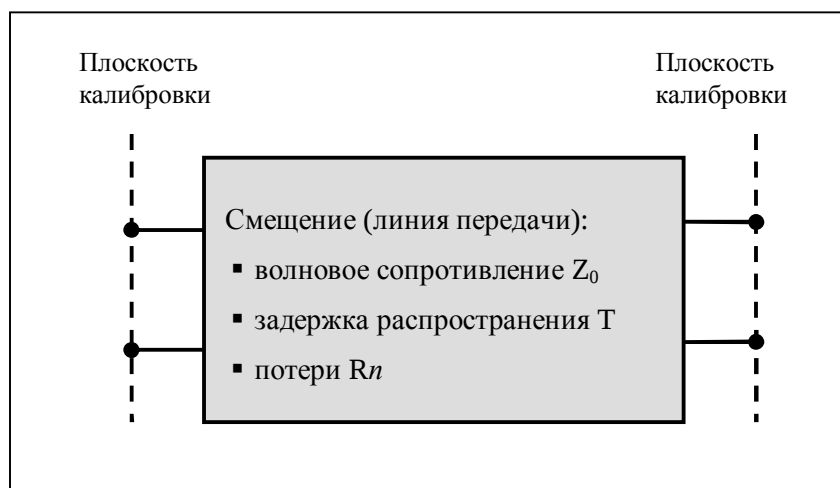


Рисунок 5.5 Модель двухпортовой меры

Описание числовых параметров модели эквивалентной цепи калибровочных мер даны в таблице 5.2.

Таблица 5.2 Параметры модели эквивалентной цепи калибровочных мер.

Параметр (обозначение в программе)	Описание параметра
Z_0 (Смещение: Z_0)	В однопортовой мере – волновое сопротивление смещения (линии передачи) от плоскости калибровки до цепи со сосредоточенными параметрами. В двухпортовой мере – волновое сопротивление линии передачи между плоскостями калибровки
T (Смещение: задержка)	Задержка смещения. Определяется как время распространения сигнала в одну сторону (в секундах) от плоскости калибровки до цепи со сосредоточенными параметрами или до второй плоскости калибровки. Задержка может быть измерена или получена математически делением точно известной физической длины на скорость распространения сигнала в линии.
R_n (Смещение: потери)	Потери смещения за счет скин – эффекта при распространении сигнала в одну сторону. Потери определяются в единицах [Ом/с] на частоте 1 ГГц. Потери в линии определяются путем измерения времени задержки T [с] и потерь L [дБ] на частоте 1 ГГц. Измеренные значения подставляются в формулу: $R_n[\Omega/c] = \frac{L[\text{дБ}] \cdot Z_0[\Omega]}{4.3429[\text{дБ}] \cdot T[\text{с}]}$
R_n (Импеданс нагрузки)	Сопротивление нагрузки [Ом].
C (C_0, C_1, C_2, C_3)	Краевая емкость меры холостого хода, вызывающая сдвиг фазы коэффициента отражения на высоких частотах. Модель краевой емкости описывается функцией частоты, в виде полинома третьего порядка: $C = C_0 + C_1 f + C_2 f^2 + C_3 f^3$, где f : частота [Гц] $C_0 \dots C_3$ – коэффициенты полинома. Размерность: C_0 [Ф], C_1 [Ф/Гц], C_2 [Ф/Гц ²], C_3 [Ф/Гц ³]

L (L₀, L₁, L₂, L₃)	Паразитная индуктивность меры короткого замыкания, вызывающая сдвиг фазы коэффициента отражения на высоких частотах. Модель паразитной индуктивности описывается функцией частоты, в виде полинома третьего порядка: $L = L_0 + L_1 f + L_2 f^2 + L_3 f^3$, где f : частота [Гц] $L_0 \dots L_3$ – коэффициенты полинома. Размерность: L_0 [Гн], L_1 [Гн/Гц], L_2 [Гн/Гц ²], L_3 [Гн/Гц ³]
---	---

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, КЗ, 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 Z_0 ($S_{11}=S_{22}=0$) и известную длину (задержку),

- мера TRL-линия/нагрузка должна иметь такое же значение Z_0 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 5.3.

Таблица 5.3 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/TRL калибровки 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.

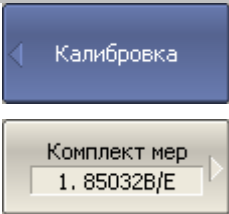
Примечание

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.

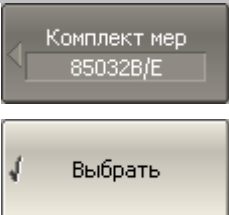


Для появления списка комплектов калибровочных мер (рис. 5.6) нажмите программные кнопки:

Калибровка > Комплект мер.

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

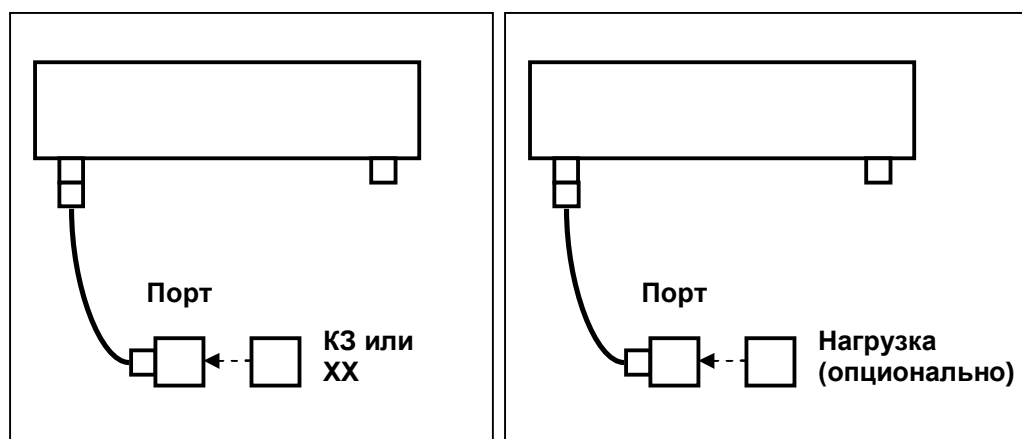
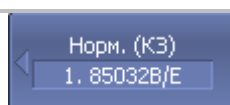


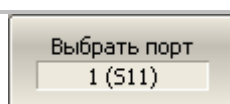
Рисунок 5.7 Калибровка нормализации отражения.

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

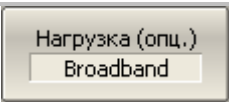
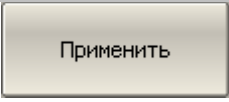
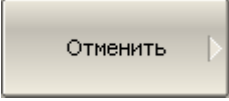


Для перехода к калибровке нормализации отражения – нажмите программные кнопки:

Калибровка > Калибровать > Нормализация (КЗ) | Нормализация (ХХ).



Выберите калибруемый порт программной кнопкой **Выбрать порт**. Надпись на кнопке переключает номер порта (измеряемый 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 5.2.10).
Примечание	Проверить состояние калибровки можно в строке состояния канала (таблица 5.4) и в строке состояния графика (таблица 5.5).

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 перемишка (рисунок 5.8). По усмотрению пользователя может быть проведена калибровка развязки путем измерения двух мер нагрузки.

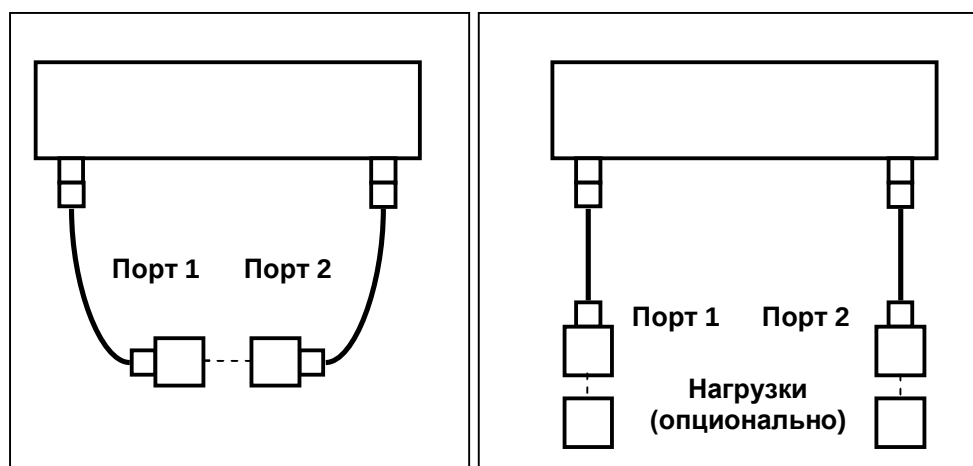


Рисунок 5.8 Калибровка нормализации передачи.

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

Норм. (перем.) 1. 85032В/Е	Для перехода к калибровке нормализации передачи – нажмите программные кнопки: Калибровка > Калибровать > Нормализация (перемишка).
Выбрать порты 2-1 (S21)	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 5.2.10).
Примечание	Проверить состояние калибровки можно в строке состояния канала (таблица 5.4) и в строке состояния графика (таблица 5.5).

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).

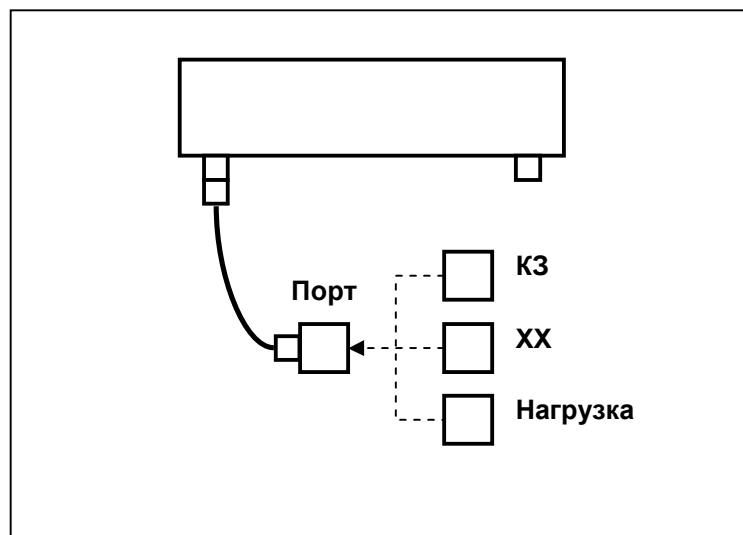
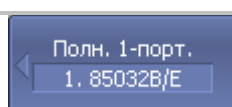


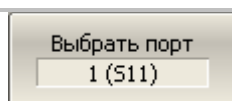
Рисунок 5.9 Полная однопортовая калибровка.

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).

КЗ Short -M- XX Open -M- Нагрузка Broadband	Подключите к выбранному порту в любом порядке меры КЗ, XX, 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.
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 коррекцию ошибок (раздел 5.2.10).
Примечание	Проверить состояние калибровки можно в строке состояния канала (таблица 5.4) и в строке состояния графика (таблица 5.5).

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 нагрузкой.

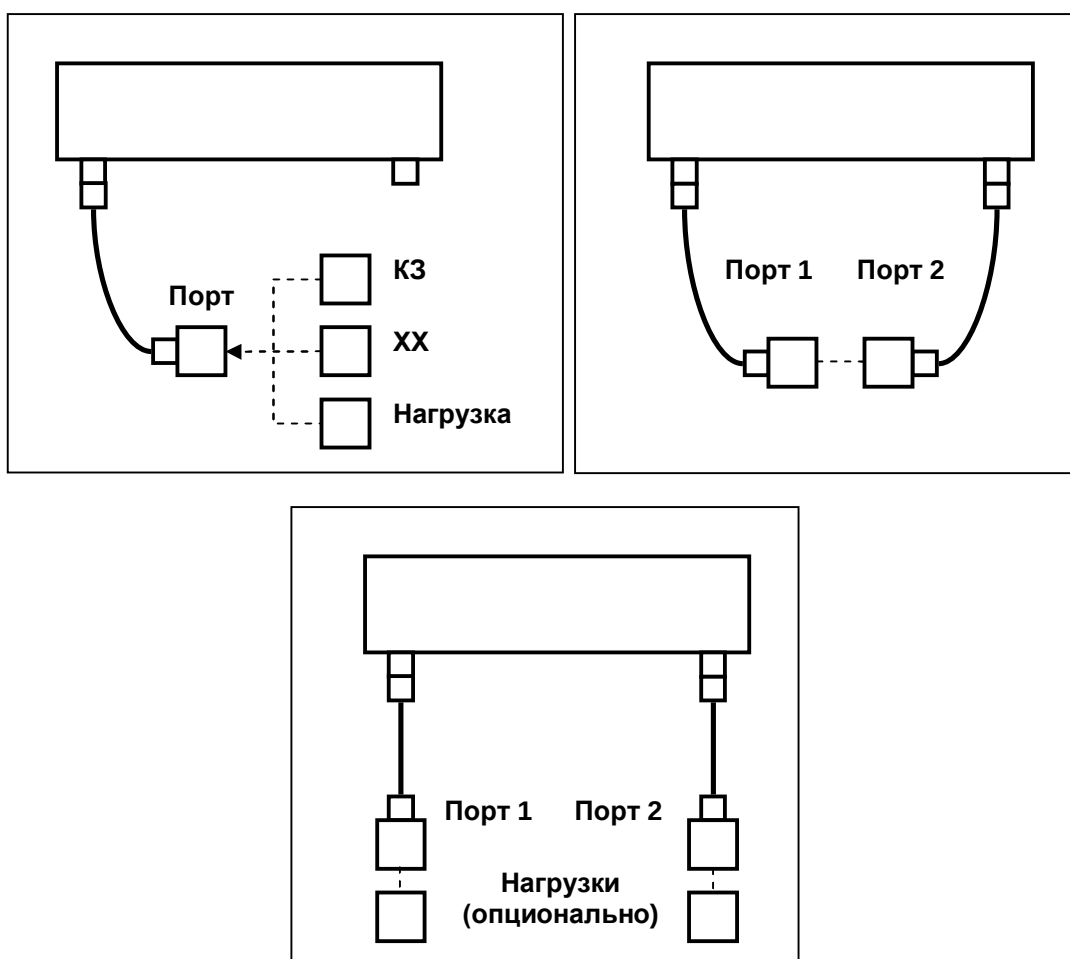
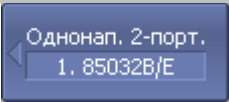
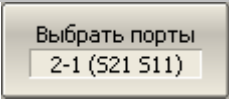
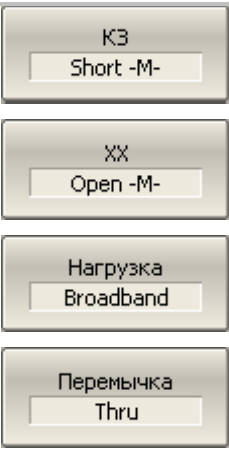
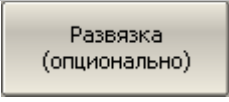
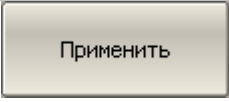
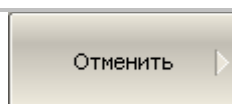


Рисунок 5.10 Однонаправленная двухпортовая калибровка.

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 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, XX, 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 5.2.10).

Примечание

Проверить состояние калибровки можно в строке состояния канала (таблица 5.4) и в строке состояния графика (таблица 5.5).

5.2.6 Полная двухпортовая калибровка

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

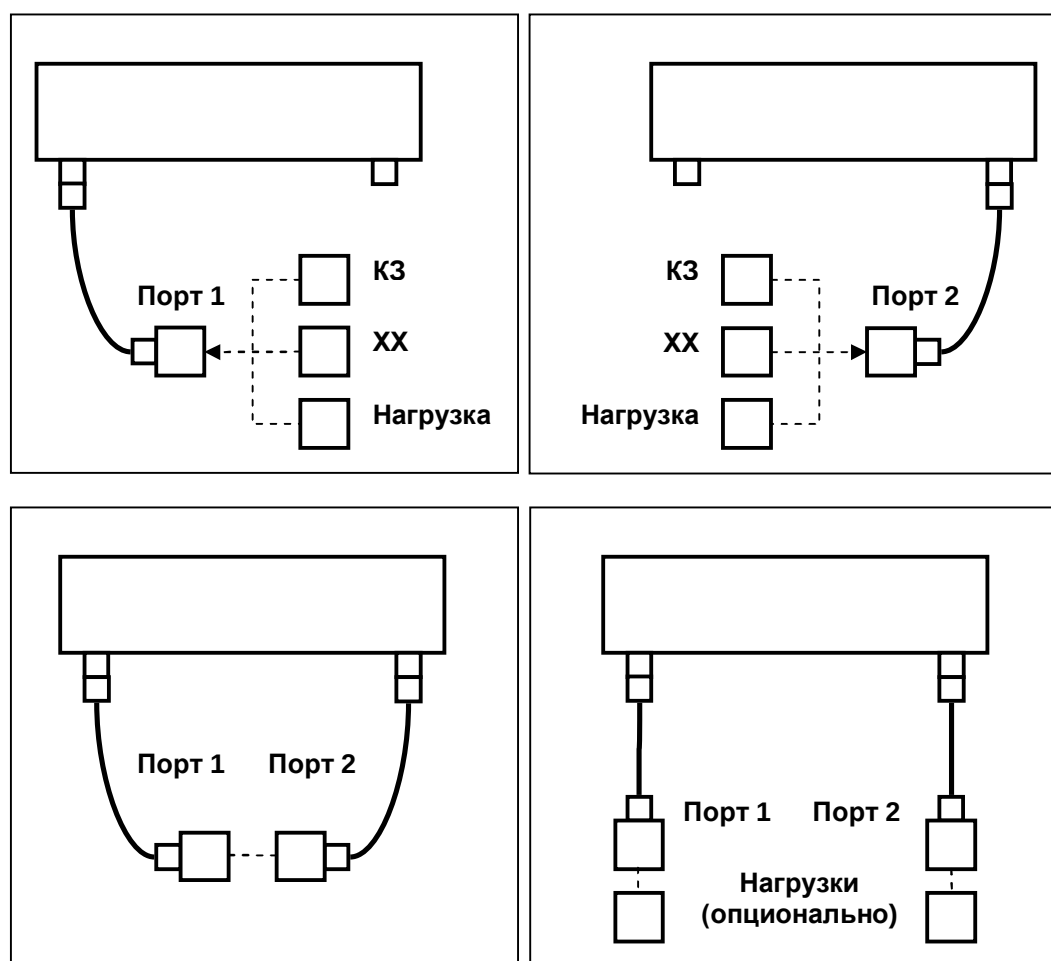
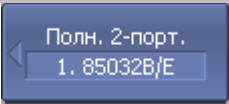
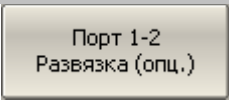
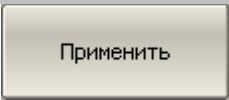
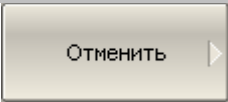


Рисунок 5.11 Полная двухпортовая калибровка.

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 КЗ, 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 5.2.10).
Примечание	Проверить состояние калибровки можно в строке состояния канала (таблица 5.4) и в строке состояния графика (таблица 5.5).

5.2.6.1 Калибровка с неизвестной перемычкой

Порядок проведения калибровки с неизвестной перемычкой не отличается от порядка проведения полной двухпортовой 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 5.1.6.8).

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

5.2.7 TRL калибровка

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

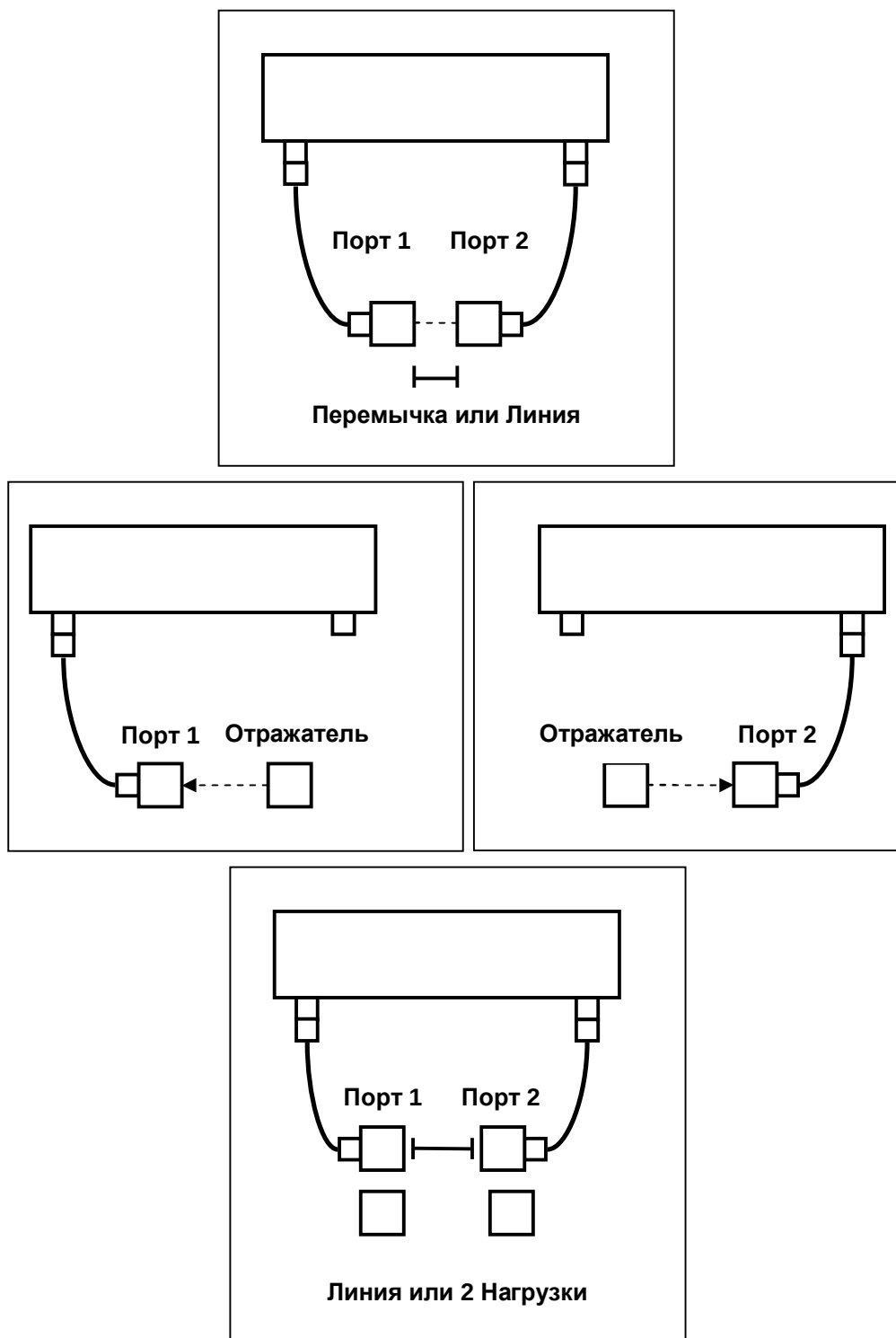
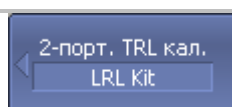


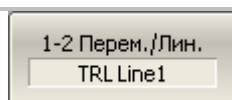
Рисунок 5.12 TRL калибровка.

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

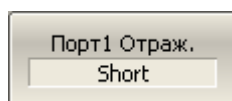


Для перехода к TRL калибровке – нажмите программные кнопки:

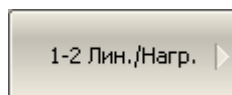
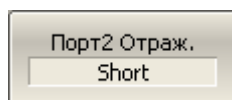
Калибровка > Калибровать > 2-порт. TRL калибровка.



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

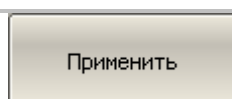


Подключите к портам 1 и 2 в любом порядке меру TRL-отражатель. Выполните измерение, нажав кнопки **Порт1 Отраж.** и **Порт2 Отраж.**



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.

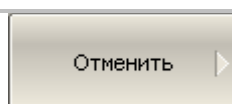


Для завершения калибровки – нажмите программную кнопку **Применить**.

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 5.2.10).

Примечание	Проверить состояние калибровки можно в строке состояния канала (таблица 5.4) и в строке состояния графика (таблица 5.5).
------------	--

5.2.7.1 Multiline опция TRL калибровки

Порядок проведения Multiline TRL калибровки не отличается от порядка проведения TRL калибровки, 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 "5.1.6.10 Multiline TRL".

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



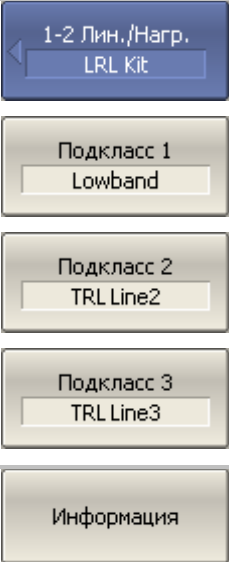
Переключение между обычной и Multiline TRL калибровками осуществляется при помощи соответствующей кнопки в меню TRL-калибровки.

5.2.8 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 (TRL Line 2) и линия 3 (TRL Line 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	☒	Lowband	300 кГц	680.2745 МГц
Подкласс 2	☒	TRL Line2	3.600165 ГГц	8 ГГц
Подкласс 3	☒	TRL Line3	720.273 МГц	3.5601665 ГГц
Подкласс 4	☐			
Подкласс 5	☐			
Подкласс 6	☐			
Подкласс 7	☐			

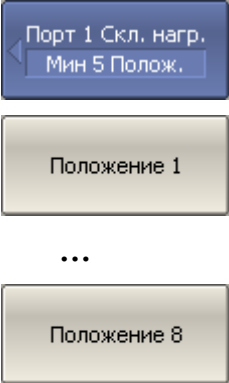
Рисунок 5.13 Информация о измерениях калибровочных мер.

5.2.9 Использование скользящей нагрузки в калибровке

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

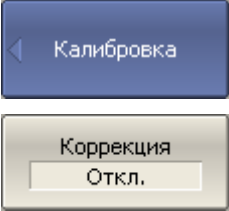
Если комплект калибровочных мер содержит скользящую нагрузку – то программная кнопка измерения нагрузки в меню калибровки заменяется кнопкой перехода на дополнительный уровень меню, который содержит логику калибровки скользящей нагрузки.

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 5.2.8 Калибровка с использованием подклассов).

5.2.10 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.
---	--

5.2.11 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 5.4). Описание строки состояния канала смотри в разделе 4.2.6.

Таблица 5.4 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.	

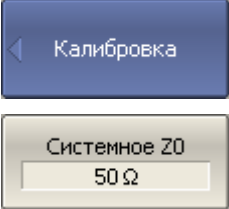
Состояние коррекции ошибок для каждого графика в отдельности отражается в строке состояния графика (таблица 5.5). Описание строки состояния графика смотри в разделе 4.2.2.

Таблица 5.5 Статус коррекции ошибок графика.

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

5.2.12 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.

	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.

5.2.13 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).

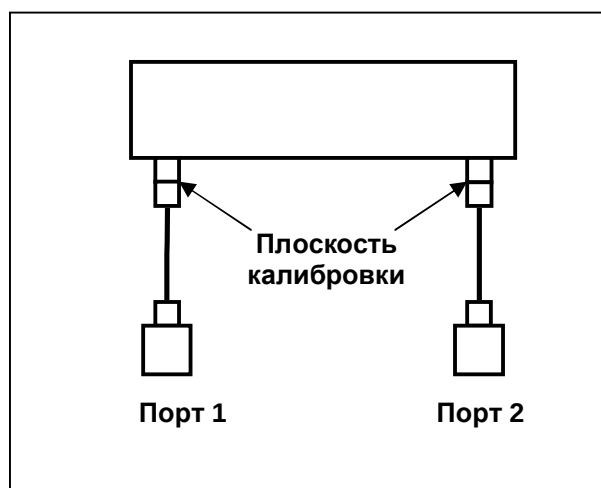


Рисунок 5.14 Удлинение портов

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

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

f – частота, Гц,

t – электрическая задержка, сек.

Функция исключения линии без потерь аналогична функции установки электрической задержки для графика (раздел 4.9.7), но в отличие от 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".

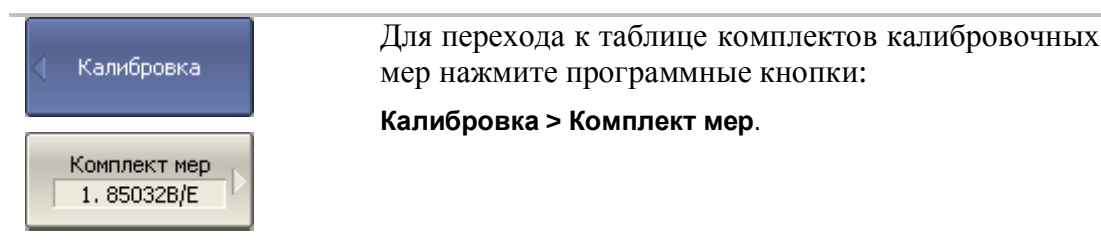
Примечание	Изменения predetermined комплектов мер в любой момент можно отменить, вернув его в исходное состояние.
------------	--

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)	☒	Да	Нет	6	
2	85032F	Type-N 50Ω 9GHz Cal Kit (Agilent)	☐	Да	Нет	8	
3	85054D	Type-N 50Ω 18GHz Cal Kit (Agilent)	☐	Да	Нет	6	
4	85054B	Type-N 50Ω 18GHz Cal Kit with Sliding Load (Agilent)	☐	Да	Нет	8	
5	05CK10A-150	Type-N 50Ω 18GHz Cal Kit (Rosenberger)	☐	Да	Нет	6	
6	8850Q	Type-N 50Ω 18GHz Cal Kit (Maurly Microwave)	☐	Да	Нет	6	
7	85033D/E	3.5 mm 6GHz/9GHz Cal Kit (Agilent)	☐	Да	Нет	6	
8	85052B	3.5 mm 26.5GHz Cal Kit with Sliding Load (Agilent)	☐	Да	Нет	10	
9	85052C	3.5 mm 26.5GHz SOLT/TRL Cal Kit (Agilent)	☐	Да	Нет	10	

Рисунок 5.15 Таблица комплектов калибровочных 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.

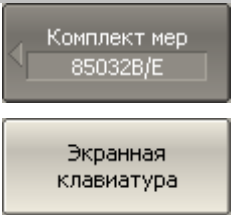
5.3.1.1 Выбор комплекта мер для редактирования

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.
------------	---

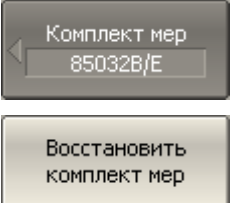
5.3.1.2 Редактирование наименования и описания комплекта мер

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.

 Комплект мер 85032В/Е Экранная клавиатура	Для вызова вспомогательной экранной клавиатуры – нажмите программную кнопку: Экранная клавиатура.
---	--

5.3.1.3 Отмена изменений предопределенных комплектов мер

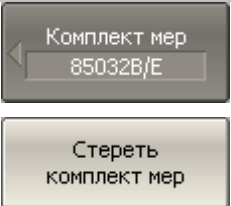
В таблице комплектов мер (рисунок 5.15) переместите выделение на нужную строку.

 Комплект мер 85032В/Е Восстановить комплект мер	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.

 Комплект мер 85032В/Е Стереть комплект мер	Для удаления из таблицы пользовательского комплекта мер – нажмите программную кнопку: Стереть комплект мер.
--	--

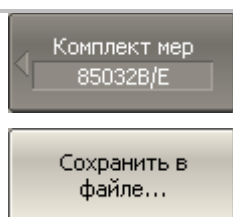
Примечание	Удалить можно комплекты, для которых установлен признак "Нет" в поле "предопределен".
------------	---

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.



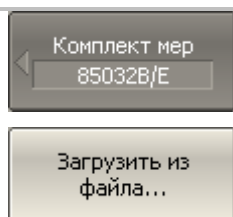
Для сохранения комплекта мер в файле – нажмите программную кнопку:

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		
	No	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	Прмч/Линия	Thru	0 Гц	999 ГГц	0 с	50 Ω	700 МΩ/с

	Импеданс нагрузки	$C0 \cdot 10^{-15} \text{ Ф}$	$C1 \cdot 10^{-27} \text{ Ф/Гц}$	$C2 \cdot 10^{-36} \text{ Ф/Гц}^2$	$C3 \cdot 10^{-45} \text{ Ф/Гц}^3$
		$L0 \cdot 10^{-12} \text{ Н}$	$L1 \cdot 10^{-24} \text{ Н/Гц}$	$L2 \cdot 10^{-33} \text{ Н/Гц}^2$	$L3 \cdot 10^{-42} \text{ Н/Гц}^3$
▶		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.

Комплект мер
85032В/Е

Определить меры

Для перехода к таблице определения калибровочных мер нажмите программные кнопки:

Калибровка > Комплект мер > Определить меры.

5.3.2.1 Добавление меры

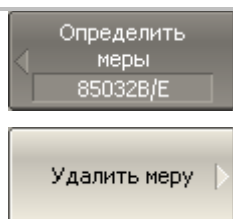
Определить меры
85032В/Е

Добавить меру

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

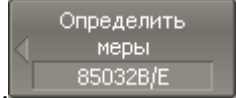
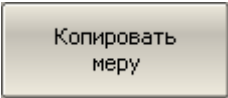
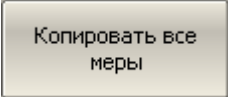
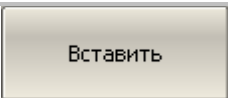
5.3.2.3 Редактирование параметров меры

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

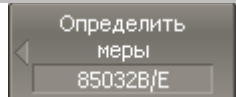
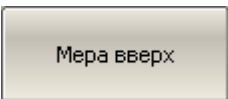
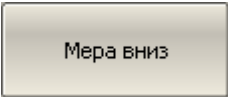
Но меры	Номер калибровочной меры, указанный в документации на комплект калибровочных мер (для информации только).
Тип меры	Выбирает тип меры: ▪ ХХ, ▪ КЗ, ▪ Нагрузка, ▪ Перемишка/линия, ▪ Неизвестная перемишка, ▪ Скользкая нагрузка, ▪ Табличные данные
Наименование меры	Наименование меры, которое указывается 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).
$C_0 10^{-15} \text{ F}$	Для меры ХХ значение коэффициента C_0 полиномиальной формулы краевой емкости: $C = C_0 + C_1 f + C_2 f^2 + C_3 f^3$
$C_1 10^{-27} \text{ F/Hz}$	Для меры ХХ значение коэффициента C_1 полиномиальной формулы краевой емкости.
$C_2 10^{-36} \text{ F/Hz}^2$	Для меры ХХ значение коэффициента C_2 полиномиальной формулы краевой емкости.
$C_3 10^{-45} \text{ F/Hz}^3$	Для меры ХХ значение коэффициента C_3 полиномиальной формулы краевой емкости.
$L_0 10^{-12} \text{ H}$	Для меры КЗ значение коэффициента L_0 полиномиальной формулы паразитной индуктивности: $L = L_0 + L_1 f + L_2 f^2 + L_3 f^3$
$L_1 10^{-24} \text{ H/Hz}$	Для меры КЗ значение коэффициента L_1 полиномиальной формулы паразитной индуктивности.
$L_2 10^{-33} \text{ H/Hz}^2$	Для меры КЗ значение коэффициента L_2 полиномиальной формулы паразитной индуктивности.
$L_3 10^{-42} \text{ H/Hz}^3$	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

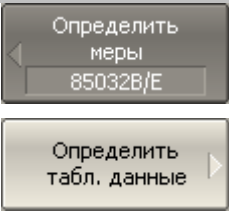
	Для изменения порядка меры в таблице – нажмите программную кнопку:
	Мера вверх
	или Мера вниз

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".

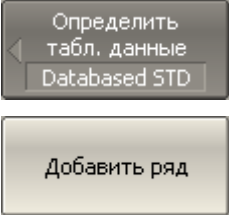
Вид таблицы различается для одно- и двухпортовых мер. Для однопортовых мер таблица содержит один параметр – S_{11} . Для двухпортовых мер таблица содержит четыре параметра – S_{11} , S_{21} , S_{12} , S_{22} . Вид таблицы определяется перед ее заполнением: если данные вводятся из файла – то форматом 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:

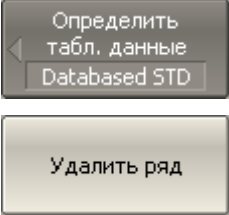
- действительная и мнимая часть,
- линейная амплитуда и фаза в градусах,
- логарифмическая амплитуда в децибелах и фаза в градусах.

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".

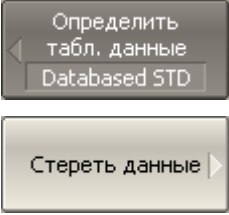
5.3.3.1 Добавление строки таблицы

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

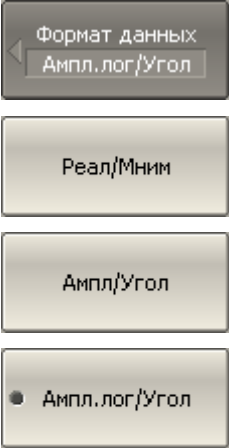
5.3.3.2 Удаление строки таблицы

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

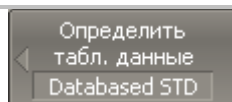
5.3.3.3 Стирание таблицы

	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

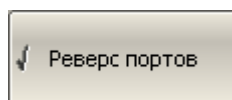
	Для выбора формата таблицы S-параметров калибровочных мер (рисунок 5.17) – нажмите программные кнопки: Формат > Реал/Мним Ампл/Угол Ампл.лог/Угол
---	---

5.3.3.5 Реверс портов

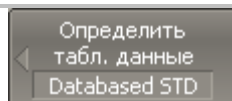


Для реверса/отмены реверса портов двухпортовых мер – нажмите программную кнопку:

Реверс портов

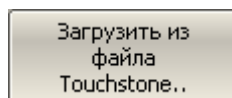


5.3.3.6 Загрузка данных из файла



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 заносятся 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.

Комплект мер
85054B

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

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.

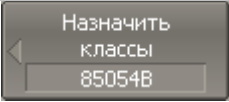
	Для удаления всех мер в таблице классов – нажмите программную кнопку:
	Очистить все классы
Примечание	В колонке "Подкласс 1" калибровочные меры удалить нельзя.

5.3.4.3 Функция строгого соответствия классам

Данная функция служит для ограничения типа мер, доступных в каждом классе по признаку соответствия (таблица 5.6) . Если данная функция отключена, то возможно назначить мере любой класс.

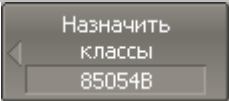
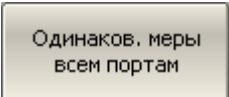
Таблица 5.6 Соответствие классов и типов мер.

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 – 50 до +5 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 4.2.2), и в строке состояния канала (раздел 4.2.6).
------------	---

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

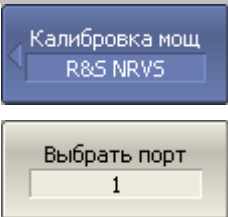
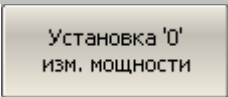
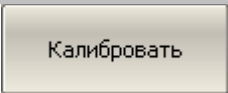
Значения потерь в промежуточных частотных точках интерполируются по линейному закону.

Таблица компенсации потерь компенсации задается для каждого порта в отдельности.

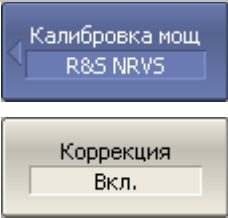
Примечание	Для компенсации потерь данная функция должна быть включена и таблица должна быть заполнена до калибровки мощности.
------------	--

5.4.2 Порядок калибровки мощности портов

Подключите и настройте измеритель мощности как указано в разделе 8.8. Подключите сенсор к одному из портов и выполните калибровку как описано ниже. Затем повторите калибровку для другого порта.

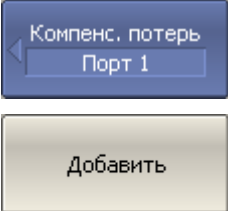
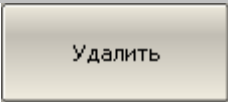
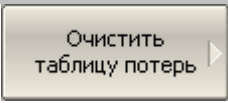
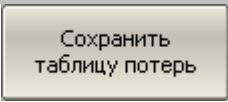
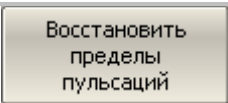
	Выберите номер калибруемого порта программными кнопками: Калибровка > Калибровка мощности > Выбрать порт.
	Установите нуль измерителя мощности (рекомендуется) программными кнопками: Калибровка > Калибровка мощности > Установка "0" изм. мощности. Примечание: сенсор измерителя мощности может быть подключен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

5.4.3 Включение и отключение коррекции мощности порта

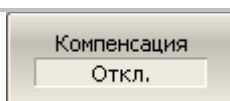
	Для включения / отключения коррекции мощности порта – нажмите программные кнопки: Калибровка > Калибровка мощности > Коррекция.
---	--

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.

	Для добавления новой строки таблицы компенсации потерь – нажмите программные кнопки: Калибровка > Калибровка мощности > Компенс. потерь > Добавить. Новая строка добавляется после выделенной строки.
	Для удаления выделенной строки – нажмите программные кнопки: Калибровка > Калибровка мощности > Компенс. потерь > Удалить.
	Для очистки всей таблицы – нажмите программные кнопки: Калибровка > Калибровка мощности > Компенс. потерь > Очистить таблицу потерь.
	Для сохранения таблицы на диске в файле *.lct – нажмите программные кнопки: Калибровка > Калибровка мощности > Компенс. потерь > Сохранить таблицу потерь.
	Чтобы загрузить таблицу с диска из файла *.lct – нажмите программные кнопки: Калибровка > Калибровка мощности > Компенс. потерь > Загрузить таблицу потерь.

Перемещаясь по таблице с помощью клавиш навигации, введите значения частоты и потери.



Включите функцию компенсации потерь программными кнопками:

Калибровка > Калибровка мощности > Компенс. потерь > Компенсация.

5.5 Калибровка приемников

При измерении входной мощности (раздел 4.7.3) 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.

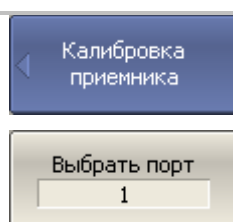
Калибровка приемников возможна только для тестовых приемников каждого порта: это приемники А и В (рисунок 4.11)

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

Примечание	Состояние коррекции приемников индицируется в строке состояния каждого графика (раздел 4.2.2), и в строке состояния канала (раздел 4.2.6).
------------	--

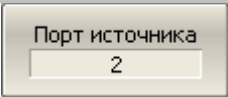
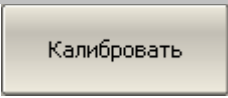
5.5.1 Порядок калибровки приемников

Соедините перемычкой калибруемый порт и порт – источник сигнала.

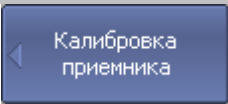
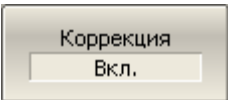


Выберите номер калибруемого порта программными кнопками:

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 8.8.

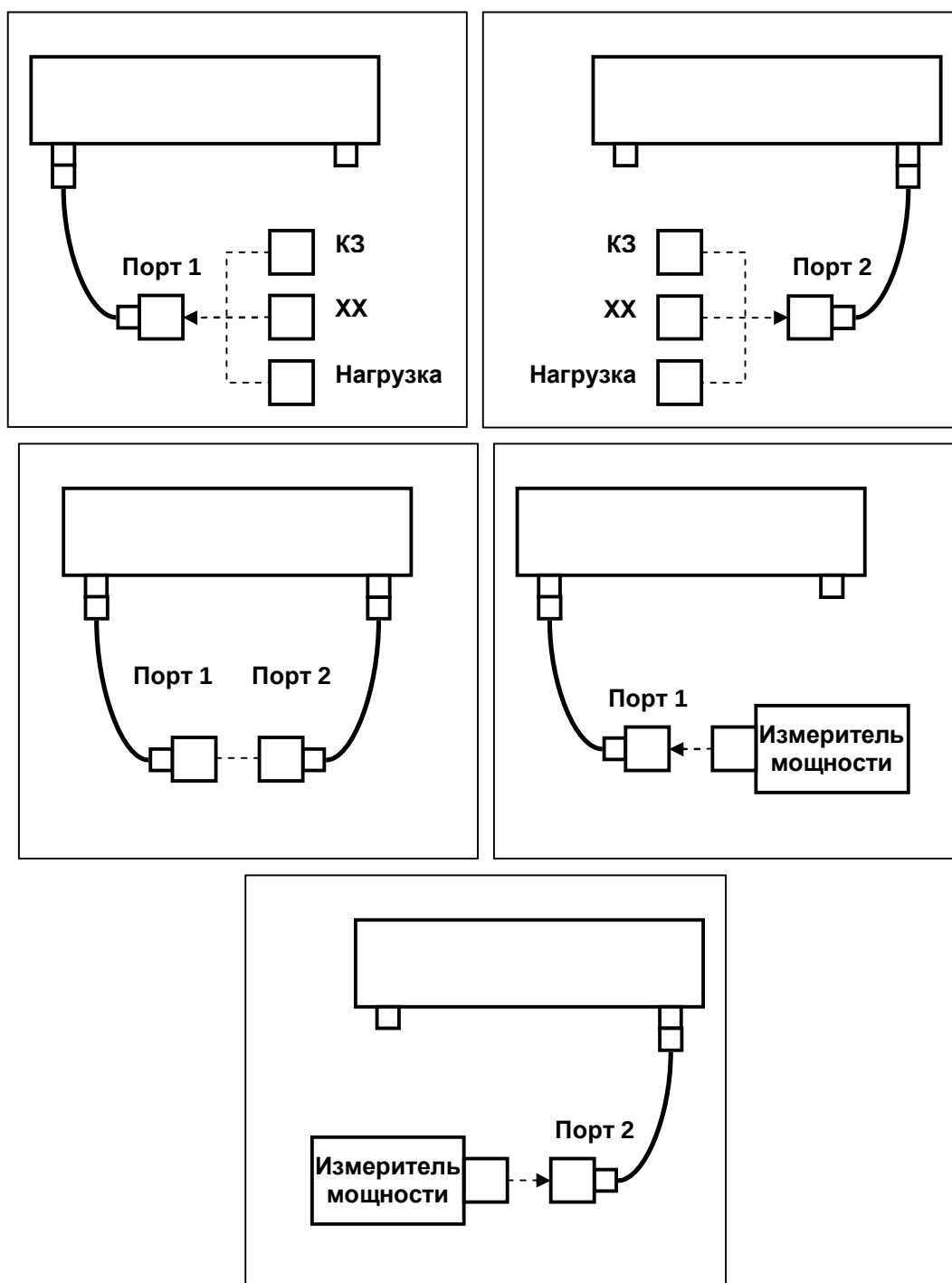


Рисунок 5.20 Схема скалярной калибровка смесителей.

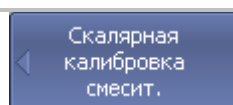
Скалярная калибровка смесителей позволяет измерять:

- 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.

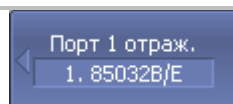
Примечание

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.

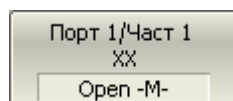


Для перехода к скалярной калибровке смесителей – нажмите программные кнопки:

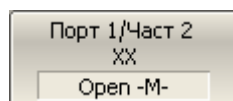
Калибровка > Калибровка смесителей > Скалярная калибровка смесителей.



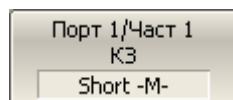
Нажмите программную кнопку **Отражение Порт 1**,



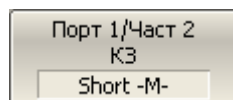
Подключите к порту 1 меры **КЗ, XX, нагрузка** как показано на рисунке 5.20. Для каждой меры выполните два измерения, в двух частотных диапазонах (**Част 1** и **Част 2**), нажав кнопки с обозначением типа меры.

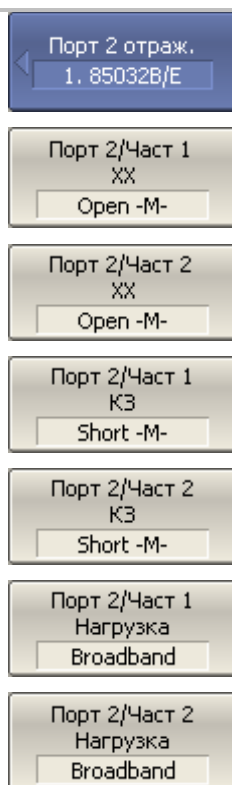


Если смещение частоты не включено, то измерения для двух частотных диапазонов сохраняются автоматически при измерении в одном из них.



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



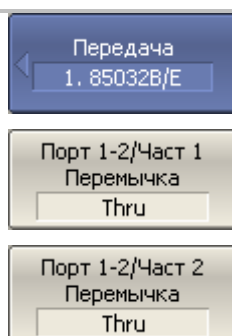


Нажмите программную кнопку **Отражение Порт 2**,

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.

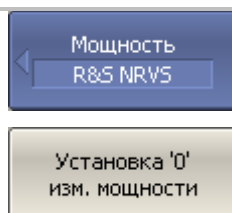


Нажмите программную кнопку **Передача**,

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 5.4) 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).

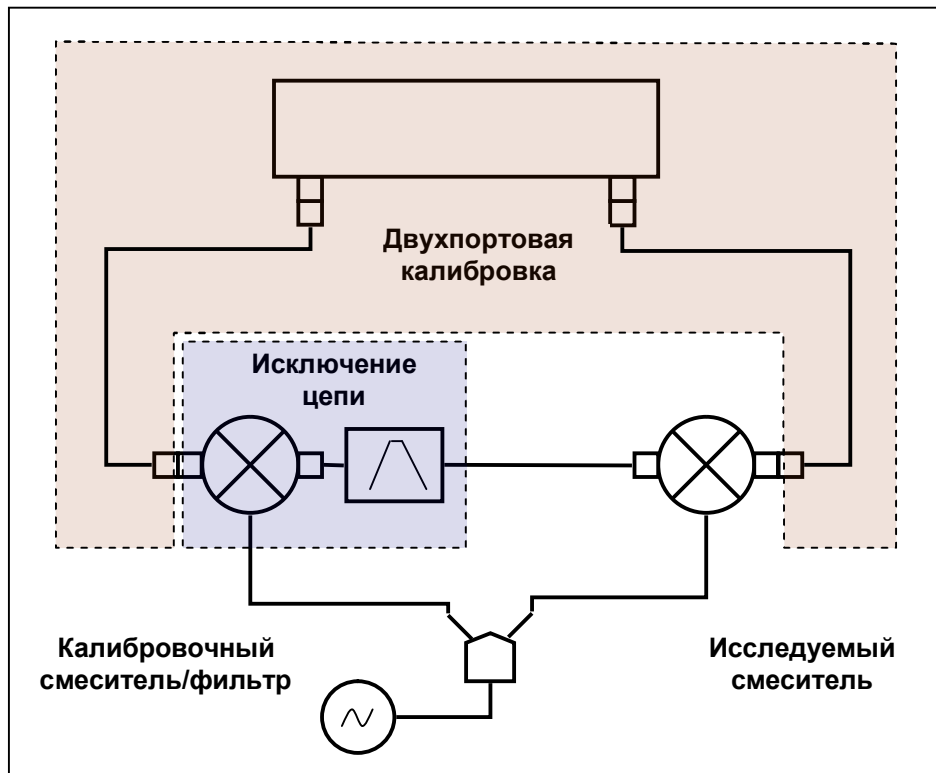


Рисунок 5.21 Векторные измерения смесителей.

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).

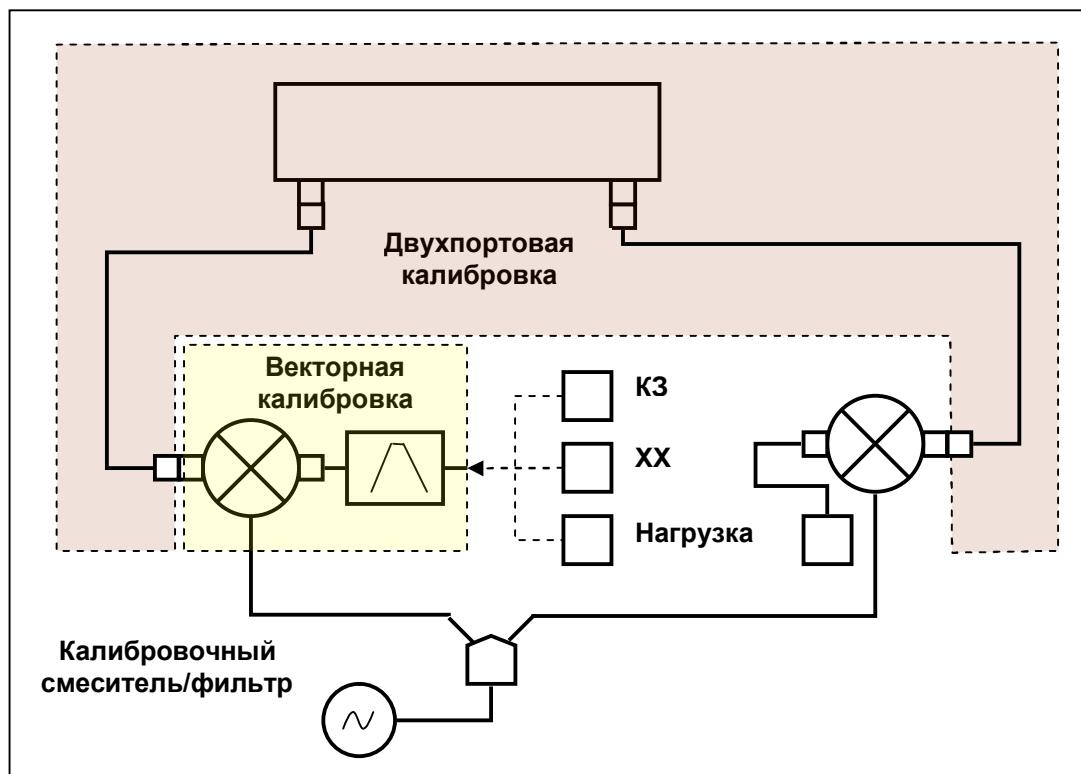
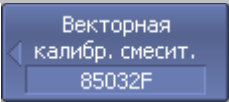
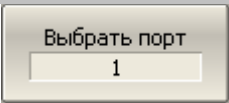
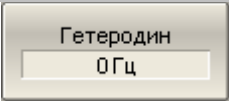
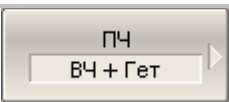
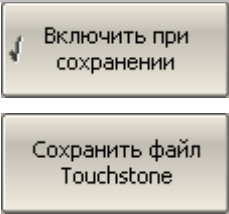


Рисунок 5.22 Векторная калибровка смесителей.

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, XX, 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.

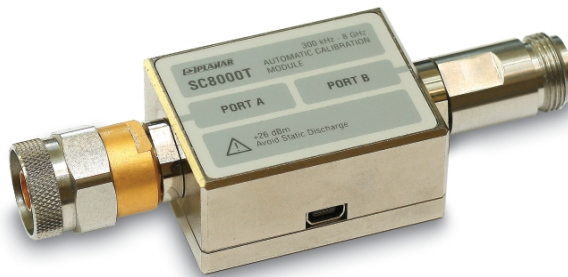


Рисунок 5.23 Автоматический калибровочный модуль серии SC

АКМ обладает следующими преимуществами перед традиционной SOLT калибровкой с использованием комплекта механических мер:

- Позволяет сократить количество соединений 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 A и B.

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 от 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.

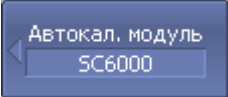
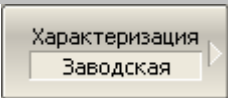
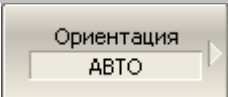
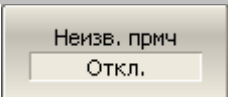
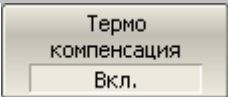
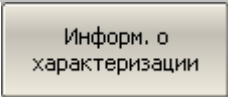
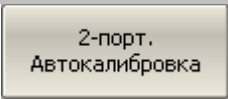
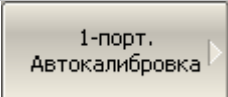
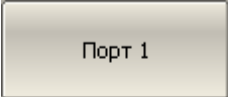
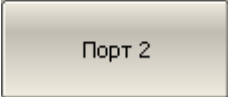
Доверительный тест заключается в одновременной индикации на экране анализатора измеряемых и записанных в памяти АКМ S – параметров аттенюатора. Измеренные параметры индицируются на графике данных, а считанные из АКМ – на графике памяти. Пользователь имеет возможность сравнить два графика, оценить степень 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.

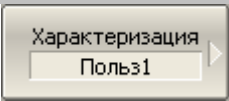
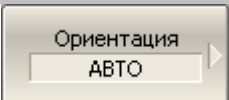
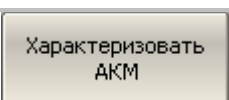
	Для перехода к автокалибровке – нажмите программные кнопки: Калибровка > Автокалибровка
	Выберите характеризацию – нажмите программную кнопку Характеризация.
	Выберите ручную или автоматическую ориентацию АКМ – нажмите программную кнопку Ориентация. Рекомендуется – АВТО.
	Выберите состояние вкл/откл алгоритма неизвестной перемычки – нажмите программную кнопку Неизв. прмч.
	Выберите состояние вкл/откл функции термокомпенсации – нажмите программную кнопку Термокомпенсация.
	При необходимости вывести на экран подробную информацию о характеристиках – нажмите программную кнопку Информ. о характеристиках.
	Для выполнения полной двухпортовой калибровки – нажмите программную кнопку 2-порт. Автокалибровка.
	Для выполнения полной однопортовой калибровки – нажмите программную кнопку 1-порт. Автокалибровка.
	Затем выберите номер порта.
	

5.8.3 Порядок проведения пользовательской характеристики

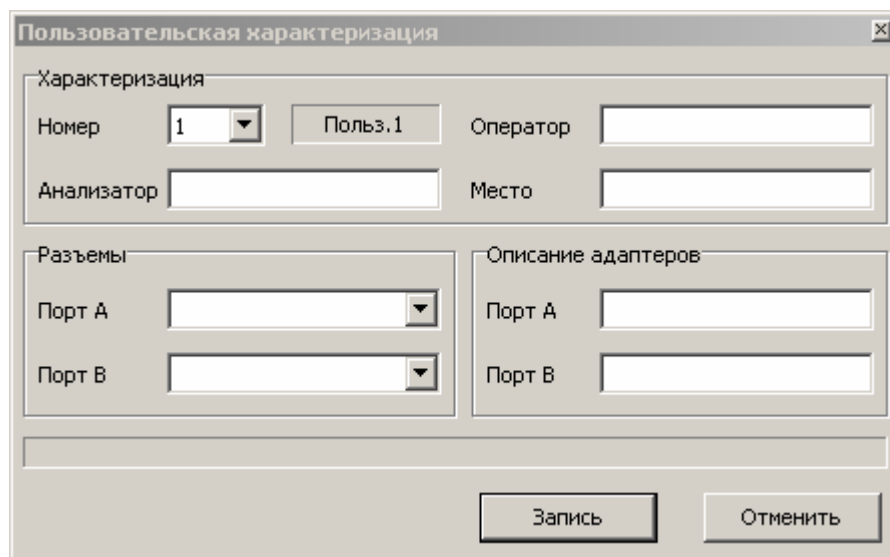
Пользовательская характеристика АКМ требуется при изменении разъемов АКМ с помощью адаптеров. Характеризуется новое устройство АКМ плюс адаптеры. Для сохранения точности характеристики не рекомендуется отсоединять и заново присоединять адаптеры.

Перед пользовательской характеристикой 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.

	Выберите пользовательскую характеристику от 1 до 3 – нажмите программную кнопку Характеризация .
	Выберите способ ориентации АКМ ручной или автоматический – нажмите программную кнопку Ориентация . Рекомендуется – АВТО.
	Для выполнения характеристики – нажмите программную кнопку Характеризовать АКМ .

После измерения АКМ появится диалоговое окно:



Заполните информационные поля:

- Имя оператора;
- Наименование анализатора;

- Место проведения характеризации;
- Разъемы – типы разъемов накрученных адаптеров;
- Описание адаптеров – текст описания накрученных адаптеров.

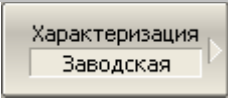
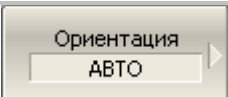
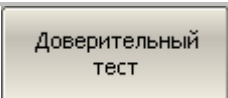
Нажмите программную кнопку **Запись** для завершения пользовательской характеризации АКМ.

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.

Включите график параметра, который хотите наблюдать, например S21. Возможно включить одновременно несколько графиков, например S11, S22, S21, S12.

	Выберите характеризацию – 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.

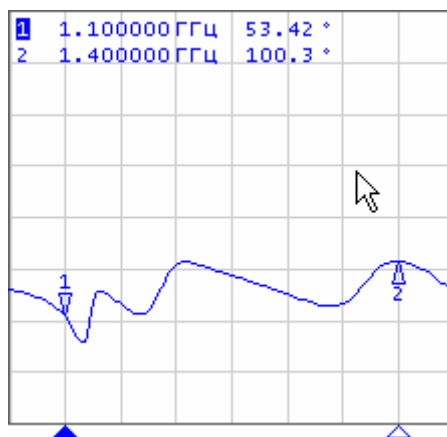


Рисунок 6.1

Маркеры имеют следующие графические элементы:

- | | |
|---------------|--|
| ∇ | Метка и номер активного маркера на графике, |
| Δ
2 | Метка и номер не активного маркера на графике, |
| ▲ | Метка на оси стимулов активного маркера, |
| △ | Метка на оси стимулов не активного маркера. |

Числовые данные содержат номер маркера, значение стимула, значение измеряемой величины. Номер активного маркера выделен инверсным цветом.

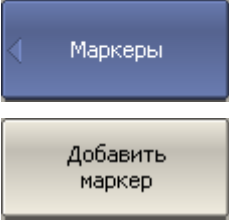
Значение измеряемой величины маркера различается в прямоугольных и полярных форматах.

- 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.

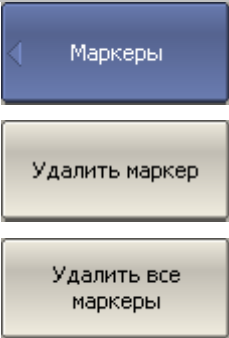
Таблица 6.1 Показания маркера в круговых координатах

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

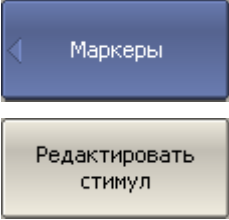
	Для установки нового маркера – нажмите программные кнопки: Маркеры > Добавить маркер.
Примечание	Новый маркер устанавливается в центре оси стимулов и назначается активным маркером. Значение стимула маркера переключается в режим ввода.

6.1.2 Удаление маркера

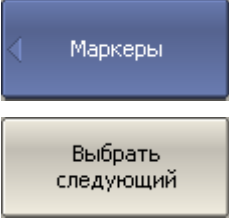
	Для удаления маркера – нажмите программные кнопки: Маркеры > Удалить маркер.
	Для удаления всех маркеров – нажмите программные кнопки: Маркеры > Удалить все маркеры.

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 4.3.12. 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.

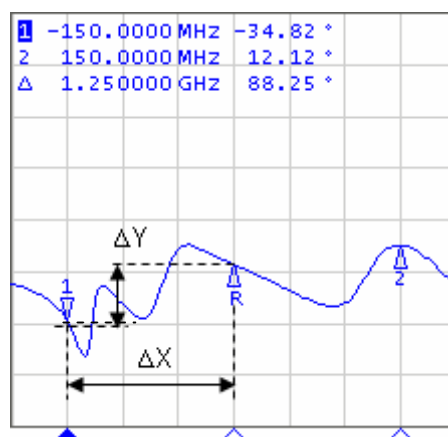


Рисунок 6.2

Обозначения опорного маркера на графике:

Δ	Метка активного опорного маркера на графике,
Δ_R	Метка не активного опорного маркера на графике.

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.

← Маркеры Опорный маркер Вкл.	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).

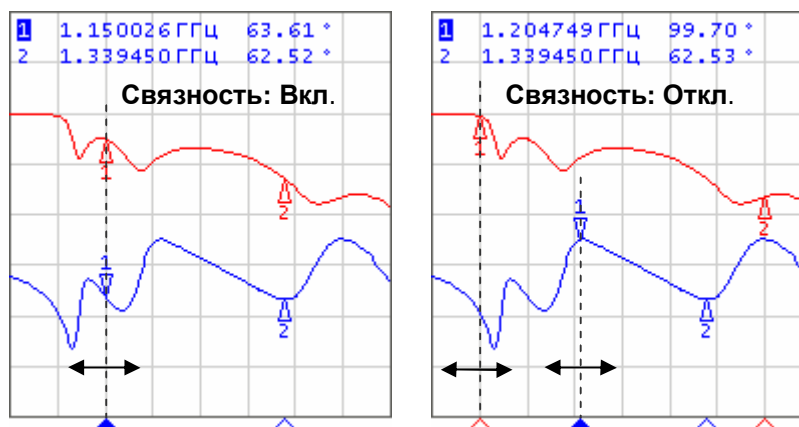


Рисунок 6.3 Режим связности маркеров

← Свойства маркеров	Для включения / отключения режима связности маркеров – нажмите программные кнопки:
↙ Связность маркеров	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).

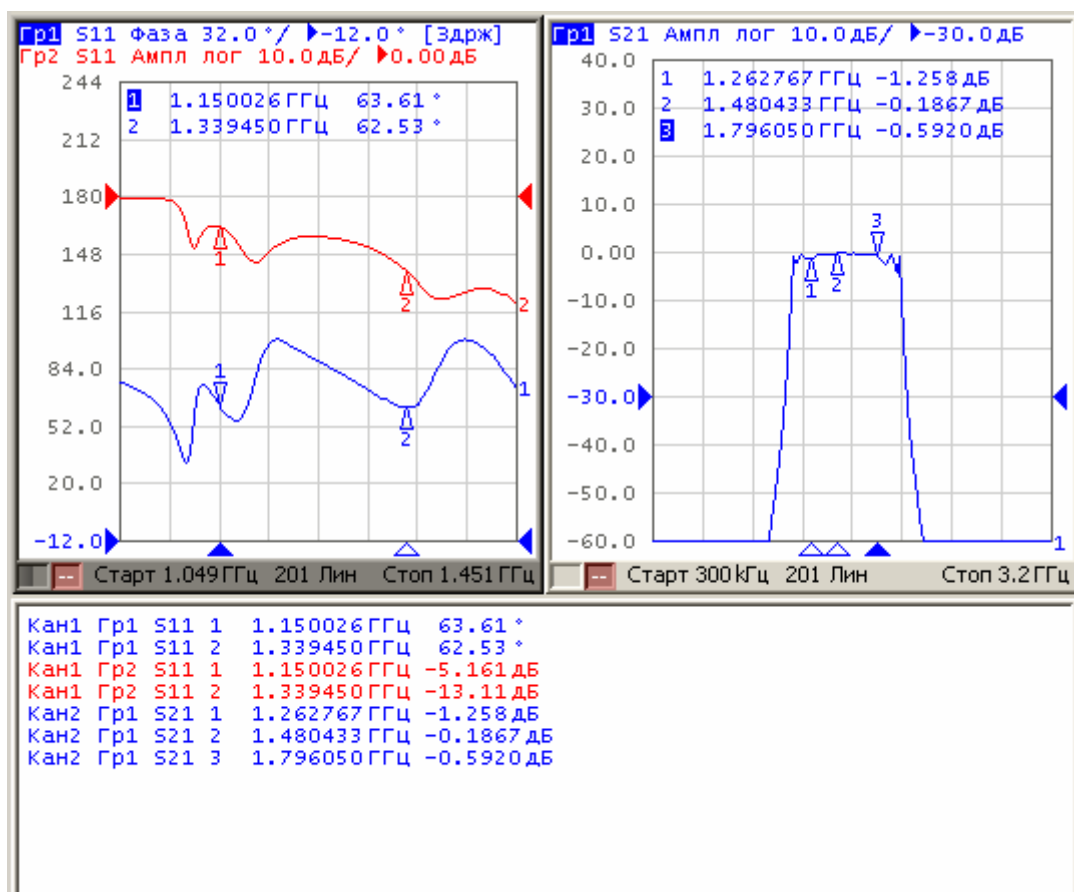


Рисунок 6.4 Таблица маркеров

Свойства маркеров

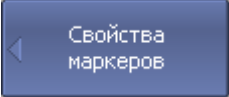
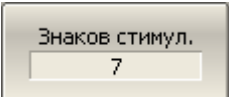
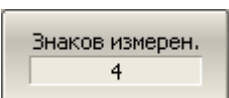
Для включения / отключения таблицы маркеров – нажмите программные кнопки:
Маркеры > Свойства > Таблица маркеров.

↓

Таблица маркеров

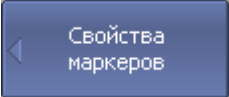
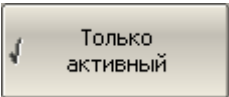
6.1.6.3 Настройка точности представления маркеров

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
	Маркеры > Свойства > Знаков измерен.

6.1.6.4 Групповая индикация данных маркеров

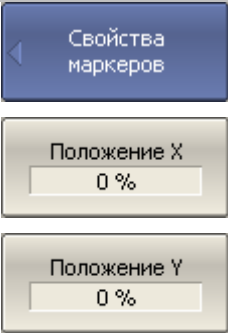
При выводе нескольких графиков с наложением в одной графической области, данные маркеров по умолчанию индицируются только для активного графика. Пользователь имеет возможность включить групповую индикацию маркеров всех графиков одновременно. Маркеры различных графиков различаются по цвету, каждый маркер 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

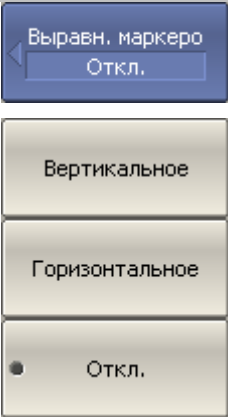
Данные маркеров по умолчанию располагаются в левом верхнем углу экрана. Пользователь имеет возможность изменить расположение данных маркеров на экране. Положение данных маркеров на экране определяется двумя числами: относительное положение по оси X и Y, выраженное в процентах. Нулю процентов соответствует 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 Маркеры > Свойства маркеров > Положение Y.
Примечание	Данные маркеров можно буксировать мышью, нажав и удерживая левую кнопку.

6.1.6.6 Выравнивание положения данных маркеров на экране

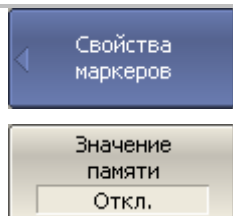
Данные маркеров по умолчанию располагаются для каждого графика независимо. Пользователь имеет возможность включить выравнивание положения данных маркеров на экране. Выравнивание отменяет независимое расположение данных маркеров различных графиков. В таком случае относительное положение X и Y в процентах 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).

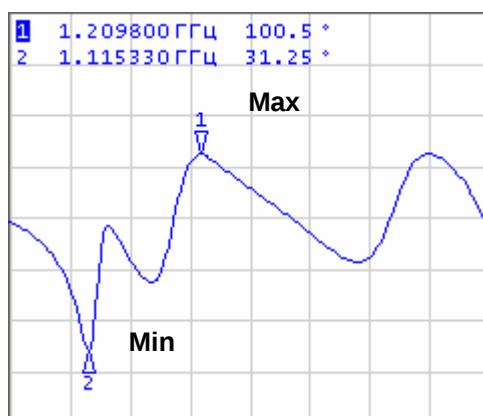


Рисунок 6.5 Поиск минимума или максимума.

Маркерный поиск Маркер 1	Для поиска минимума или максимума графика – нажмите программные кнопки:
☒ Максимум	Маркеры > Маркерный поиск > Максимум.
☐ Минимум	Маркеры > Маркерный поиск > Минимум.

Примечание	Перед поиском должен быть назначен активный маркер.
	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.

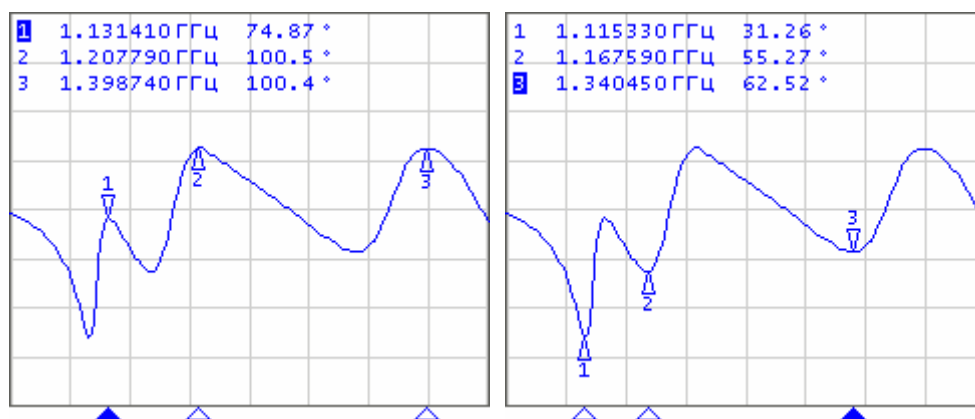


Рисунок 6.6 Положительные и отрицательные пики.

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.

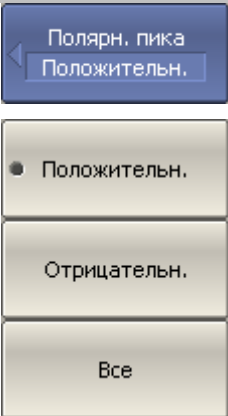
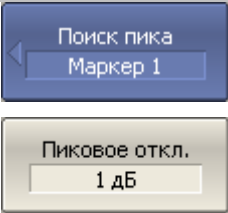
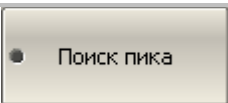
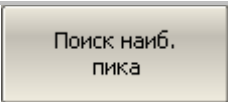
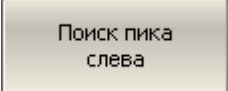
Возможны следующие варианты функции поиска пика:

- 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.

Поиск пика справа	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;

Переход цели ← Все Положительн. Отрицательн. ● Все	Для установки полярности перехода – нажмите программные кнопки: Маркеры > Маркерный поиск > Целевое значение > Переход цели > Положительн. Отрицательн. Все.
Поиск цели ← Маркер 1 Значение цели 90 °	Для ввода значения целевого уровня – нажмите программные кнопки: Маркеры > Маркерный поиск > Целевое значение > Значение цели. Затем введите значение целевого уровня с цифровой клавиатуры или используйте клавиши «↑», «↓» и вращающуюся ручку.
● Поиск цели	Для поиска положения ближайшей цели – нажмите программные кнопки: Маркеры > Маркерный поиск > Целевое значение > Поиск цели.
Поиск цели слева	Для поиска целевого значения слева от маркера – нажмите программные кнопки: Маркеры > Маркерный поиск > Целевое значение > Поиск цели слева.
Поиск цели справа	Для поиска целевого значения справа от маркера – нажмите программные кнопки: Маркеры > Маркерный поиск > Целевое значение > Поиск цели справа.

Линия цели Вкл. Отключить все линии цели	Включение / отключение индикации линии цели осуществляется программными кнопками: Маркеры > Маркерный поиск > Целевое значение > Линия цели. Программная кнопка Отключить все линии цели отключает индикацию линий всех маркеров одновременно.
Примечание	Перед поиском должен быть назначен активный маркер. В круговых координатах поиск производится по первому значению маркера.

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.

Маркерный поиск Маркер 1 Слежение Откл.	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.

Маркерный поиск Маркер 1 Диапазон поиска Откл.	Для включения / отключения диапазона поиска – нажмите программные кнопки: Маркеры > Маркерный поиск > Диапазон поиска.
--	---

Начало поиска 300 кГц	Для ввода границ диапазона поиска – нажмите программные кнопки:
Конец поиска 3.2 ГГц	Маркеры > Маркерный поиск > Начало поиска
	Маркеры > Маркерный поиск > Конец поиска.
Связность Вкл.	Для включения / отключения функции связанности границ поиска – нажмите программные кнопки:
	Маркеры > Маркерный поиск > Связность.
Линии диап. поиска	Для включения / отключения индикации границ поиска – нажмите программные кнопки:
	Маркеры > Маркерный поиск > Линии диап. поиска.

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

← Статистика Статистика Вкл.	Для включения / отключения статистики – нажмите программные кнопки: Маркеры > Маркерные вычисления > Статистика > Статистика.
Диапазон стат. Откл.	Для включения / отключения ограничения диапазона статистики – нажмите программные кнопки: Маркеры > Маркерные вычисления > Статистика > Диапазон стат.
Начало стат. Маркер 1 ▶ Конец стат. Маркер 2 ▶	Для изменения номеров маркеров, которые служат границами диапазона статистики – нажмите программные кнопки: Маркеры > Маркерные вычисления > Статистика > Начало стат. Маркеры > Маркерные вычисления > Статистика > Конец стат.

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).

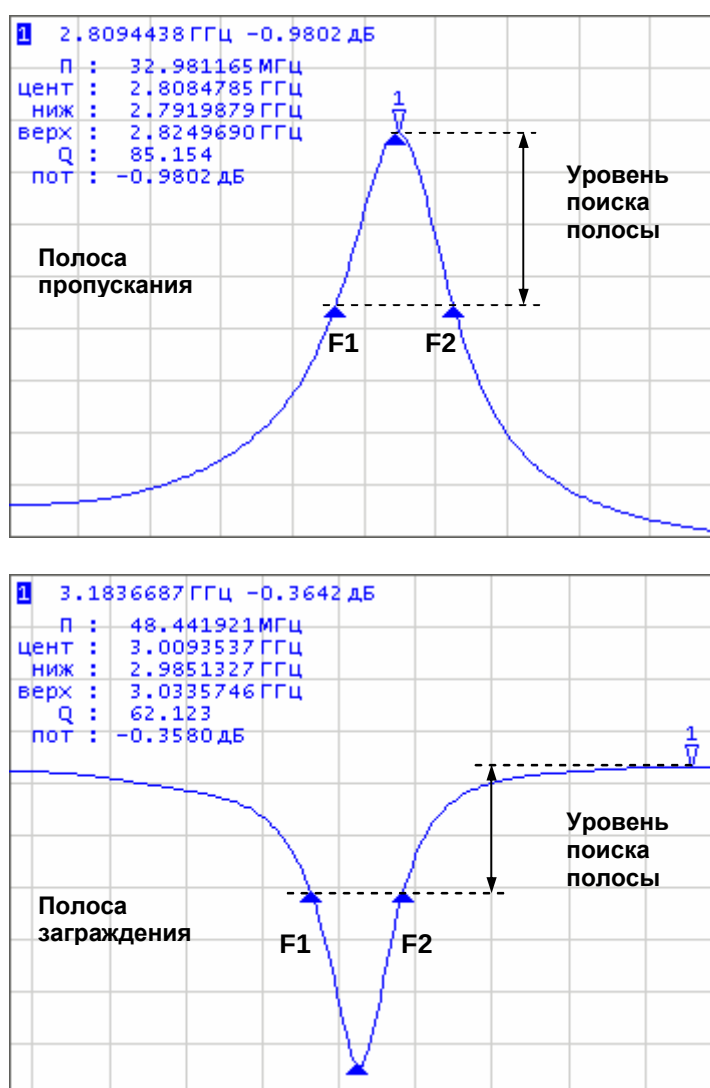
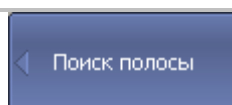


Рисунок 6.9 Поиск полосы.

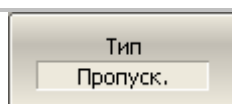
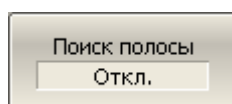
Таблица 6.3 Определение параметров полосы

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:

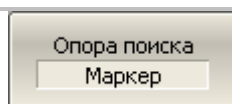
Маркеры > Маркерные вычисления > Поиск полосы > Поиск полосы.



Задайте тип полосы программными кнопками:

Маркеры > Маркерные вычисления > Поиск полосы > Тип.

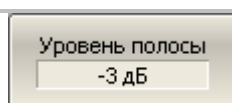
Тип и надпись на кнопке переключается между состояниями «Пропуск.» и «Загражд.».



Задайте опору поиска программными кнопками:

Маркеры > Маркерные вычисления > Поиск полосы > Опора поиска.

Тип и надпись на кнопке переключается между состояниями «Макс.» и «Маркер».



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.

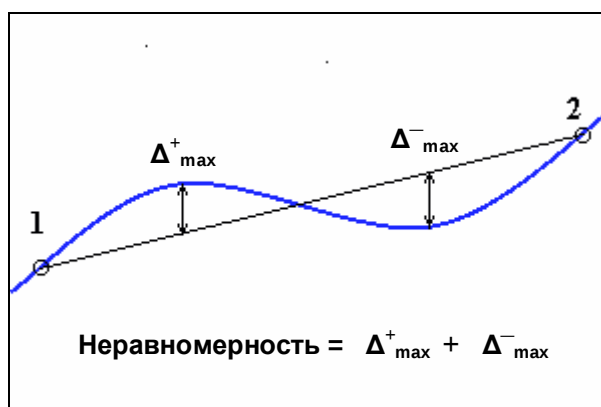
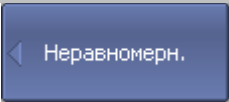
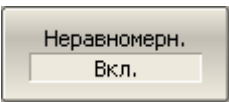
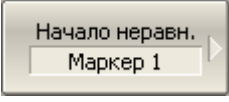
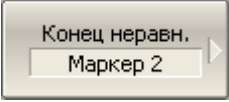


Рисунок 6.11 Определение неравномерности

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 (рис. 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. Маркеры > Маркерные вычисления > Неравномерн > Конец неравн.

6.1.8.4 Полосовой фильтр

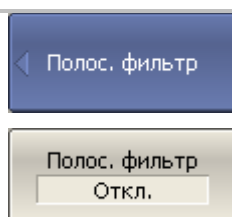
Функция *полосовой фильтр* вычисляет и индицирует следующие параметры фильтра: потери, фактор пик-пик в полосе пропускания, величину заграждения в полосе заграждения. Границы полосы пропускания задаются первой парой маркеров, границы полосы задержания задаются второй парой маркеров (рисунок 6.12).



Рисунок 6.12 Функция полосовой фильтр.

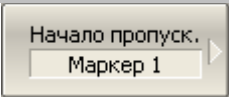
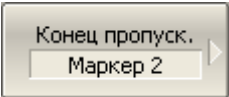
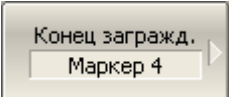
Таблица 6.5 Определение параметров функции полосовой фильтр

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.

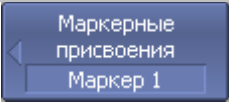
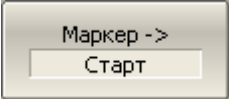
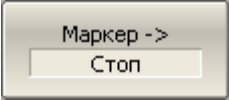
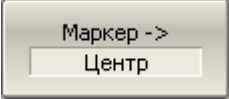
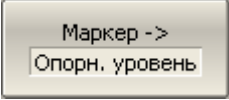
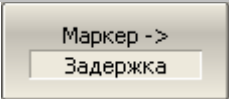
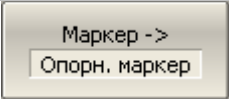
	Для изменения номеров маркеров, которые служат границами полосы пропускания – нажмите программные кнопки:
	Маркеры > Маркерные вычисления > Полос. фильтр > Начало пропуск. Маркеры > Маркерные вычисления > Полос. фильтр > Конец пропуск.
	Для изменения номеров маркеров, которые служат границами полосы заграждения – нажмите программные кнопки:
	Маркеры > Маркерные вычисления > Полос. фильтр > Начало заград. Маркеры > Маркерные вычисления > Полос. фильтр > Конец заград.

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 раза⁵.

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,
- 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),

⁵ Пользователь имеет возможность изменить цвет и яркость графиков памяти и данных произвольным образом (см. настройки индикации).

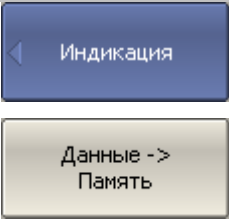
- полоса ПЧ,
- усреднение,
- калибровка.

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:

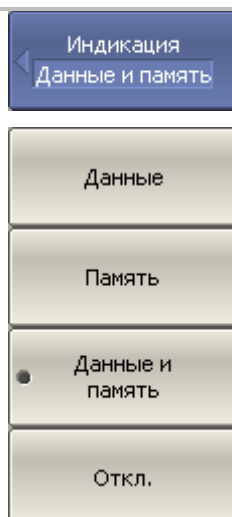
Данные / Память	Деление измеряемых данных на память. Строка состояния графика содержит: Д/П.
Данные * Память	Умножение измеряемых данных на память. Строка состояния графика содержит: Д*П.
Данные – Память	Вычитание памяти из измеряемых данных. Строка состояния графика содержит: Д–П.
Данные + Память	Сложение 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

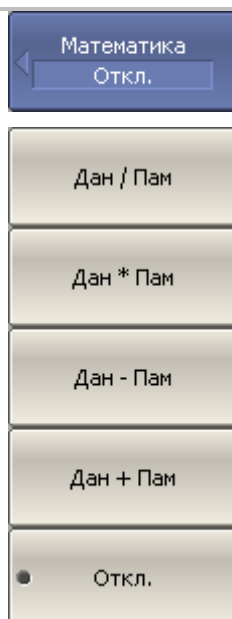


Для выбора графиков для индикации – нажмите программные кнопки:

Индикация > Индикация >

Данные | Память | Данные и память | Откл.

6.2.3 Порядок выполнения математических операций



Для выполнения математических операций – нажмите программные кнопки:

Индикация > Математика >

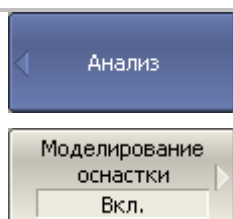
Дан / Пам | Дан * Пам | Дан – Пам | Дан + Пам | Откл.

6.3 Моделирование оснастки

Моделирование оснастки – это программная функция моделирования условий измерения, которые отличаются от реальных условий измерения. Она включает моделирование следующих условий:

- Преобразование импеданса порта;
- Исключение цепи;
- Встраивание цепи;

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 6.13).

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 5.2.12.
------------	---

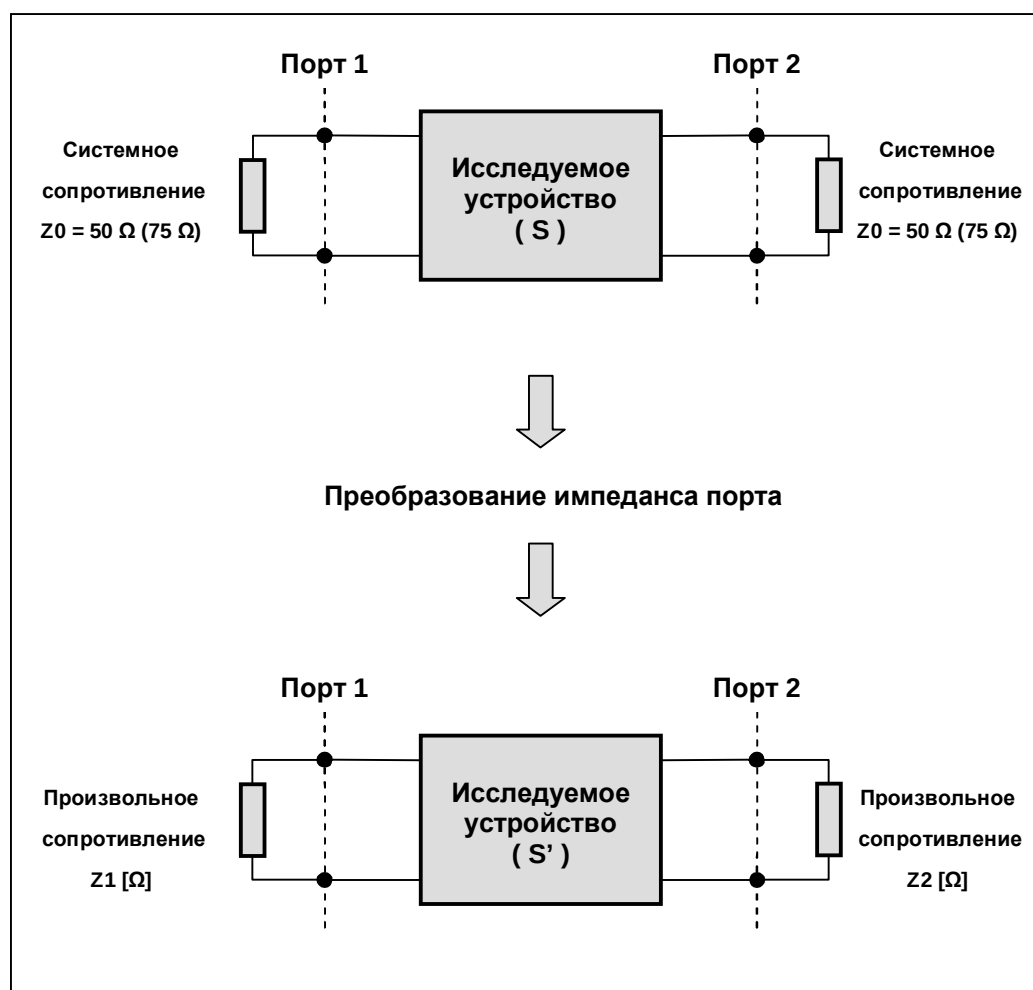
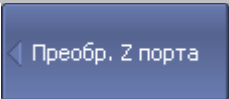
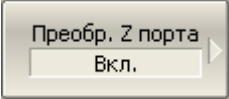
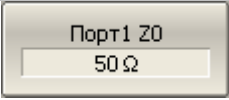
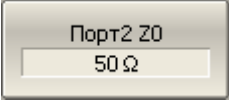


Рисунок 6.13 Преобразование импеданса порта.

	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 – нажмите программные кнопки: Анализ > Моделирование оснастки > Преобр. Z порта > Порт1 Z0.
	Для ввода значения моделируемого импеданса порта 1 – нажмите программные кнопки: Анализ > Моделирование оснастки > Преобр. Z порта > Порт2 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 6.14).

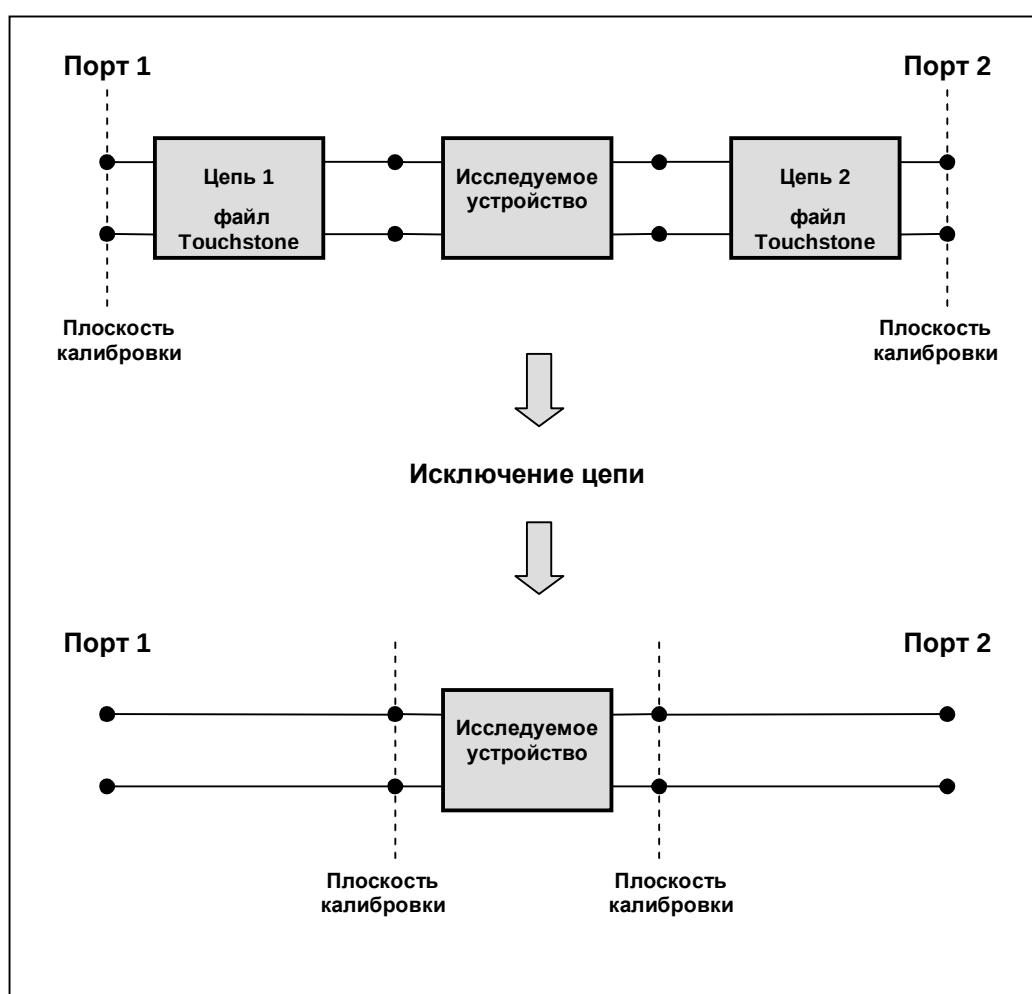
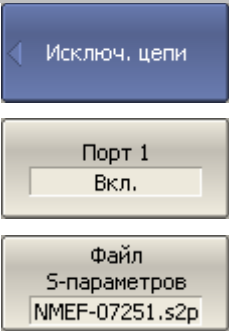
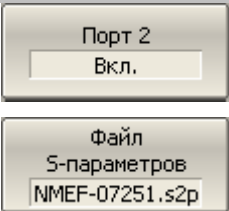


Рисунок 6.14 Исключение цепи

	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 (рисунок 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: S_{11} , S_{21} , S_{12} , S_{22} для ряда частот.

Функция встраивания цепи позволяет математически смоделировать параметры устройства после добавления согласующих цепей.

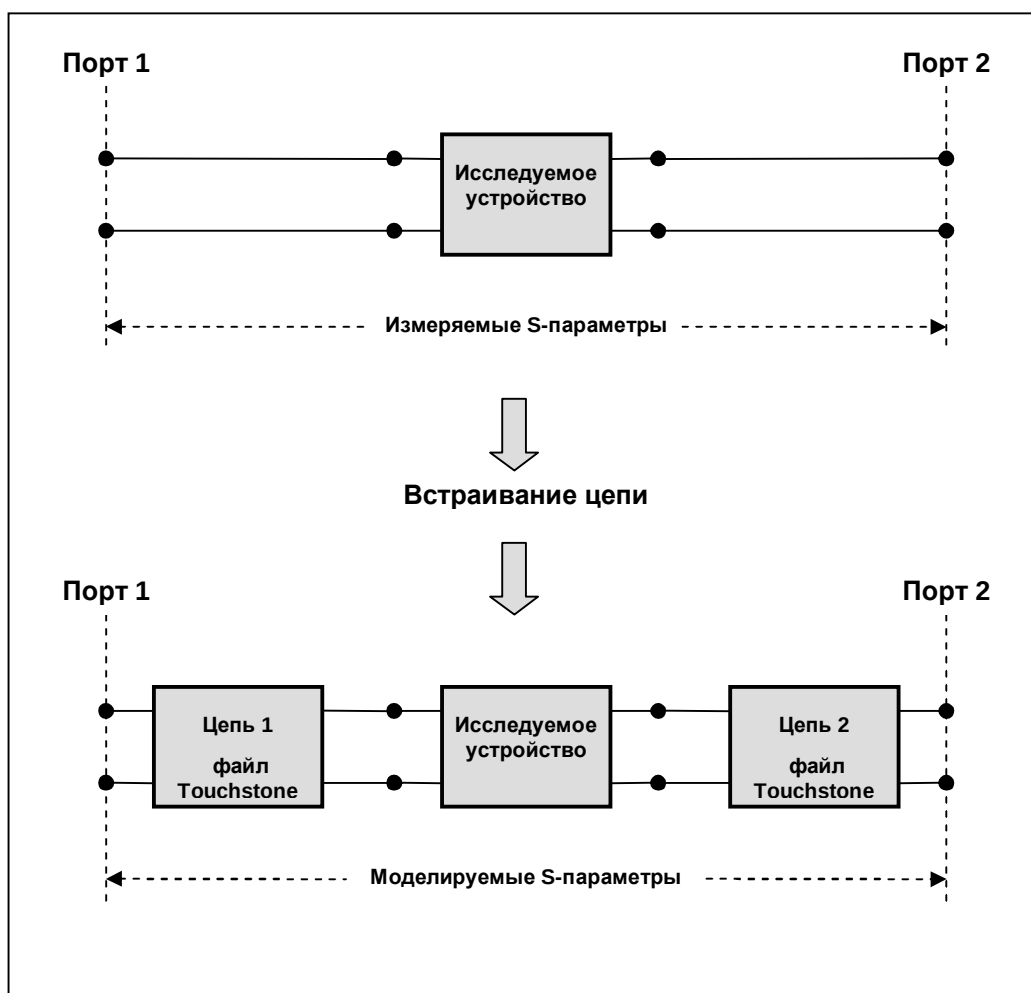
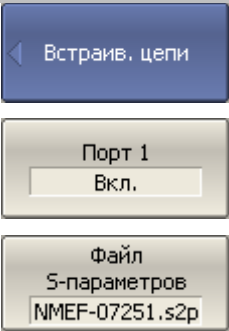
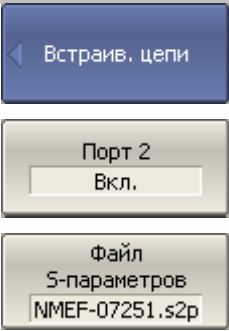


Рисунок 6.15 Встраивание цепи

	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.

6.4 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.

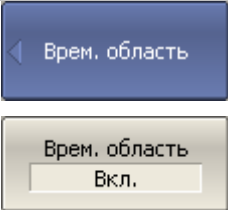
Окно Кайзера имеет числовой параметр β , который плавно регулирует форму окна от минимальной (прямоугольной) до максимальной. Пользователь имеет возможность плавной регулировки формы окна с помощью числового параметра β , либо он может выбрать одно из трех фиксированных типов окон:

- **Минимальное** (прямоугольное);
- **Нормальное**;
- **Максимальное**.

Таблица 6.6 Характеристики фиксированных видов окон

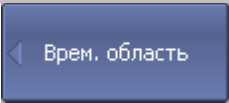
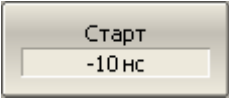
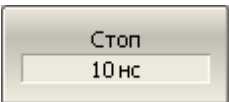
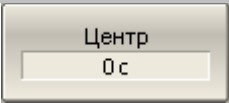
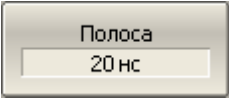
Окно	Видеоимпульс		Видеоперепад	
	Уровень боковых лепестков	Длительность импульса	Уровень боковых лепестков	Длительность фронта
Минимальное	– 13 дБ	$\frac{0.6}{F_{\max} - F_{\min}}$	– 21 дБ	$\frac{0.45}{F_{\max} - F_{\min}}$
Нормальное	– 44 дБ	$\frac{0.98}{F_{\max} - F_{\min}}$	– 60 дБ	$\frac{0.99}{F_{\max} - F_{\min}}$
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

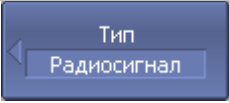
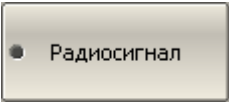
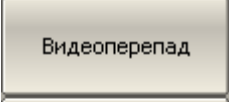
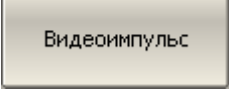
	Для включения / отключения преобразования временной области – нажмите программные кнопки: Анализ > Врем. Область > Врем. область.
Примечание	Функция временной области доступна только для линейного режима сканирования частоты.

6.4.2 Установка диапазона преобразования

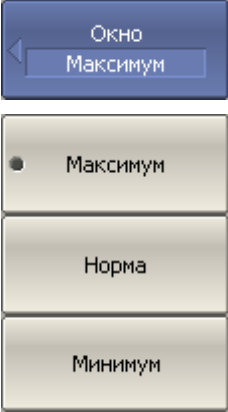
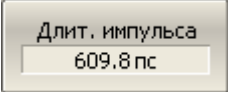
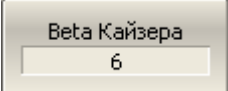
При установке диапазона преобразования во временной области, возможно указать верхнюю и нижнюю границы, либо указать центр и полосу диапазона.

	Для указания нижней и верхней границы временной области – нажмите программные кнопки:
	Анализ > Врем. Область > Старт.
	Анализ > Врем. Область > Стоп.
	Для указания центра и полосы диапазона временной области – нажмите программные кнопки:
	Анализ > Врем. Область > Центр.
	Анализ > Врем. Область > Полоса.

6.4.3 Установка типа преобразования

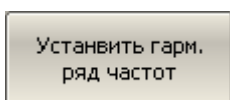
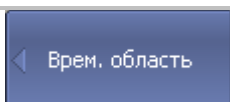
	Для выбора типа преобразования временной области – нажмите программные кнопки:
	Анализ > Врем. Область > Тип >
	Радиосигнал Видеоимпульс Видеоперепад.
	

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 взаимосвязаны. 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:

$F_{\max} > N \times 20 \text{ кГц}$	$F_{\max} < N \times 20 \text{ кГц}$
$F_{\min} = F_{\max} / N$	$F_{\min} = 20 \text{ кГц},$ $F_{\max} = N \times 20 \text{ кГц}$

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 <i>временной области</i> для принятия решения о локализации во временной области полезного и паразитного отклика. Затем включите <i>временную селекцию</i> 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.*

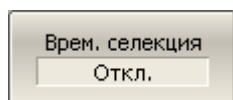
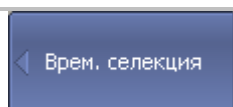
Минимальное окно имеет форму приближенную к прямоугольной, – максимальное наиболее сглаженное по форме окно. При движении от минимального окна к максимальному – уменьшается уровень боковых лепестков, и одновременно падает разрешающая способность окна. Выбор формы окна – всегда является компромиссом между 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:

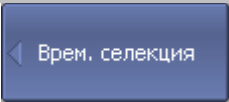
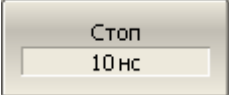
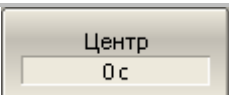
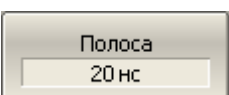
Анализ > Врем. селекция > Врем. селекция.

Примечание

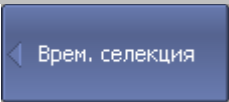
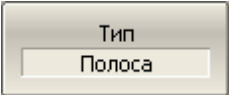
Функция временной селекции доступна только при линейном режиме сканирования частоты.

6.5.2 Установка границ окна временной селекции

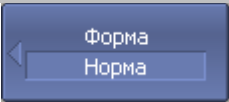
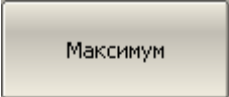
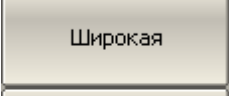
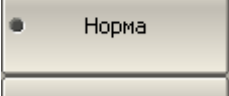
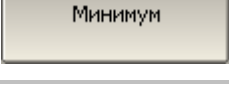
При установке границ окна временной селекции, возможно указать верхнюю и нижнюю границы, либо указать центр и полосу окна.

	Для указания нижней и верхней границы окна временной селекции – нажмите программные кнопки:
	Анализ > Врем. селекция > Старт.
	Анализ > Врем. селекция > Стоп.
	Для указания центра и полосы окна временной селекции – нажмите программные кнопки:
	Анализ > Врем. селекция > Центр. Анализ > Врем. селекция > 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 Преобразования S-параметров

Данный раздел описывает следующие виды преобразований измеряемых S-параметров:

- Эквивалентный импеданс (Z_r) и эквивалентная проводимость (Y_r) при измерении отражения:

$$Z_r = Z_{0a} \cdot \frac{1 + S_{ab}}{1 - S_{ab}}$$

$$Y_r = \frac{1}{Z_r}$$

- Эквивалентный импеданс (Z_t) и эквивалентная проводимость (Y_t) при измерении передачи:

$$Z_t = \frac{2 \cdot \sqrt{Z_{0a} \cdot Z_{0b}}}{S_{ab}} - (Z_{0a} + Z_{0b})$$

$$Y_t = \frac{1}{Z_t}$$

- Обратный S-параметр:

$$\frac{1}{S_{ab}}$$

- Эквивалентный импеданс (Z_{tsh}) и эквивалентная проводимость (Y_{tsh}) шунта линии передачи:

$$Z_{tsh} = \frac{1}{Y_{tsh}}$$

$$Y_{tsh} = \frac{2 \cdot \sqrt{Y_{0a} \cdot Y_{0b}}}{Y_{ab}} - (Y_{0a} + Y_{0b})$$

$$Y_{0a} = \frac{1}{Z_{0a}}, \quad Y_{0b} = \frac{1}{Z_{0b}}$$

- Комплексное сопряжения S-параметра.

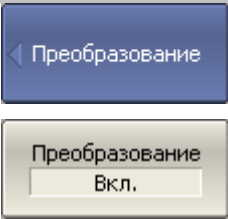
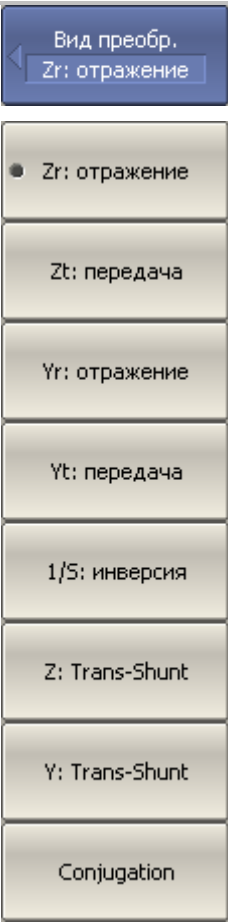
Где:

Z_{0a} – характеристический импеданс (волновое сопротивление) порта a,

Z_{0b} – характеристический импеданс (волновое сопротивление) порта b,

S_{ab} – измеряемый S-параметр (a, b – номер порта).

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 Ztsh: Trans-Shunt Ytsh: Trans-Shunt Сопряжение.
Примечание	Вид преобразования индицируется в строке состояния графика, если он включен.

6.7 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 6.16). 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.

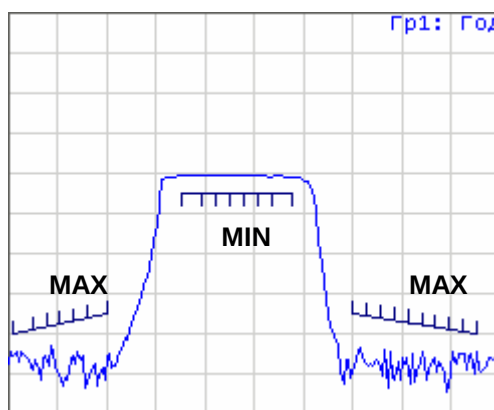


Рисунок 6.16 Линия пределов

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 6.17):

- 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).

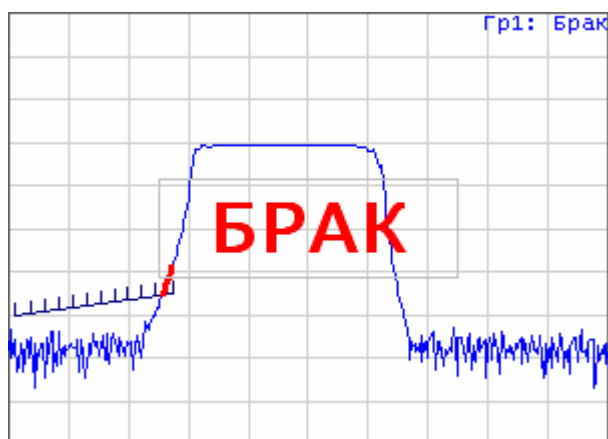


Рисунок 6.17 Индикация отрицательных результатов испытания

6.7.1 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 6.18). Выход из данного раздела меню – скрывает таблицу пределов.

	Тип	Начальн. стим.	Конечн. стим.	Начальн. знач.	Конечн. знач.
1	MAX	50 МГц	600 МГц	-100 дБ	-90 дБ
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 6.18 Таблица линии пределов

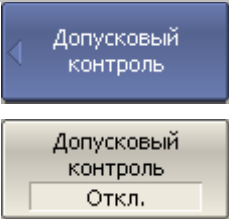
Редакт. таблицу пределов Добавить Удалить	Для добавления новой строки – нажмите программную кнопку Добавить. Новая строка добавляется после выделенной строки. Для удаления строки – нажмите программную кнопку Удалить. Удаляется выделенная строка.
Очистить таблицу пределов	Для очистки всей таблицы – нажмите программную кнопку Очистить таблицу пределов.
Сохранить таблицу пределов	Для сохранения таблицы на диске в файле *.lim – нажмите программную кнопку Сохранить таблицу пределов.
Загрузить 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:

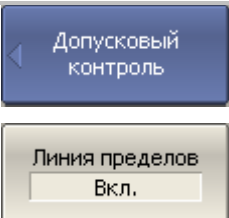
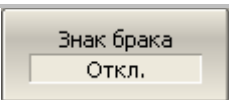
Тип	Выбирает тип отрезка из следующих вариантов: ▪ MAX – верхний предел ▪ MIN – нижний предел ▪ Откл. - отключен
Начальн. стим.	Значение стимула начальной точки отрезка
Конечн. стим.	Значение стимула конечной точки отрезка
Начальн. знач.	Значение измеряемой величины начальной точки отрезка

Конечн. знач.	Значение измеряемой величины конечной точки отрезка
----------------------	---

6.7.2 Порядок включения допускового контроля

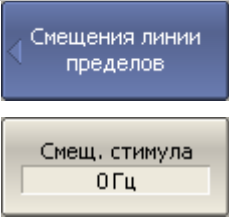
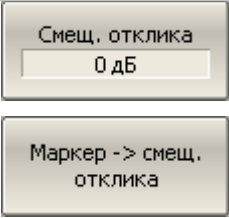
	Для включения функции допускового контроля – нажмите программные кнопки: Анализ > Допусковый контроль > Допусковый контроль.
---	---

6.7.3 Настройка индикации допускового контроля

	Для включения / отключения индикации <i>линии пределов</i> – нажмите программные кнопки: Анализ > Допусковый контроль > Линия пределов.
	Для включения / отключения индикации <i>знака брак</i> в центре окна – нажмите программные кнопки: Анализ > Допусковый контроль > Знак брака.

6.7.4 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

6.8 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 6.19), каждый из которых контролирует превышение уровня пульсаций в своей полосе частот. Сегмент задается полосой частот и предельным уровнем пульсаций.

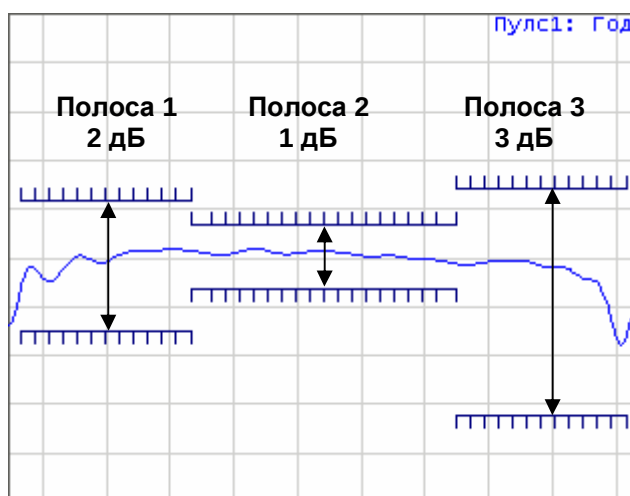


Рисунок 6.19 Пределы пульсаций

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(ен)**.

В случае отрицательного результата испытания предусмотрены следующие виды индикации (рисунок 6.20):

- 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).

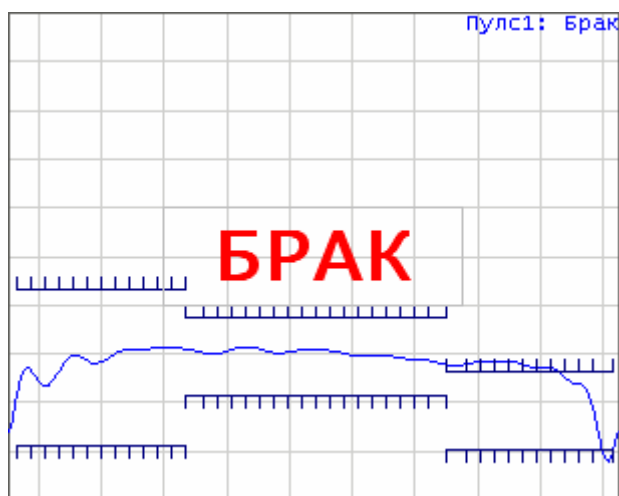


Рисунок 6.20 Индикация отрицательных результатов испытания

Индикация цифрового значения пульсаций может быть включена в строке теста пульсаций в правом верхнем углу (рисунок 6.21). Значение пульсаций индицируется для одной выбранной пользователем полосы. Индикация значения пульсаций может быть выбрана пользователем в двух видах: *абсолютное* значение или *запас* до предела.

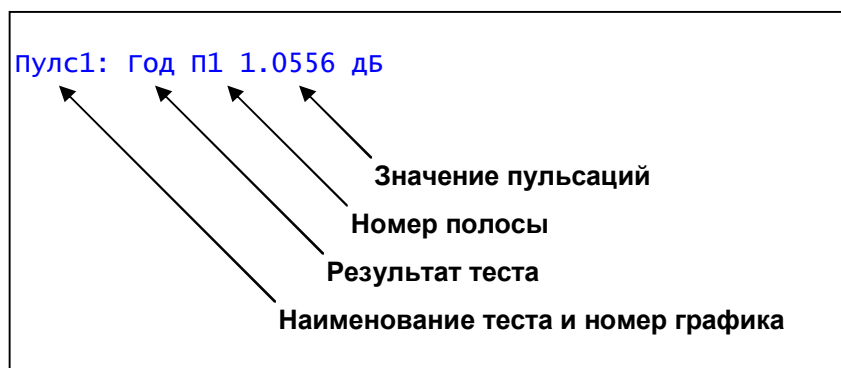


Рисунок 6.21 Строка теста пульсаций

6.8.1 Редактирование таблицы пределов пульсаций

← Пределы пульсаций Редактировать пределы 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 6.22). Выход из данного раздела меню – скрывает таблицу пределов пульсаций.

	Тип	Начальн. стим.	Конечн. стим.	Пределы пульсаций
1	Вкл.	640 МГц	800 МГц	2 дБ
2	Вкл.	800 МГц	1.05 ГГц	1 дБ
3	Вкл.	1.05 ГГц	1.21 ГГц	3 дБ
4				

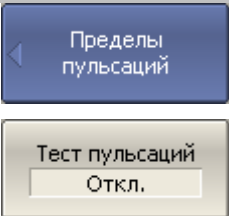
Рисунок 6.22 Таблица пределов пульсаций

← Редактировать пределы пульсаций Добавить Удалить	Для добавления новой строки – нажмите программную кнопку Добавить. Новая строка добавляется после выделенной строки. Для удаления строки – нажмите программную кнопку Удалить. Удаляется выделенная строка.
Очистить пределы пульсаций →	Для очистки всей таблицы – нажмите программную кнопку Очистить пределы пульсаций.
Сохранить пределы пульсаций	Для сохранения таблицы на диске в файле *.rlm – нажмите программную кнопку Сохранить пределы пульсаций.
Восстановить пределы пульсаций	Чтобы загрузить таблицу с диска из файла *.rlm – нажмите программную кнопку Загрузить пределы пульсаций.

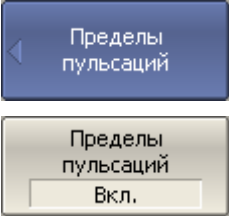
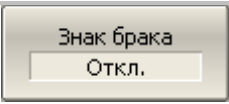
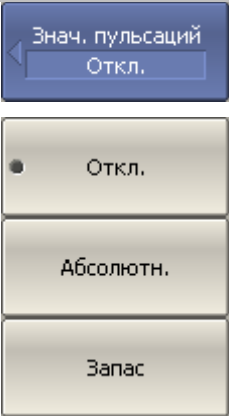
Перемещаясь по таблице с помощью клавиш навигации, введите значения параметров отрезка как показано ниже:

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

6.8.2 Порядок включения теста пульсаций

	Для включения / отключения теста пульсаций – нажмите программные кнопки: Анализ > Пределы пульсаций > Тест пульсаций.
---	--

6.8.3 Настройка индикации теста пульсаций

	Для включения / отключения индикации <i>линии пределов пульсаций</i> – нажмите программные кнопки: Анализ > Пределы пульсаций > Пределы пульсаций.
	Для включения / отключения индикации <i>знака брак</i> 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

N полосы пульсаций
1

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, показанные ниже:

Состояние	Установленные параметры.
Состояние и калибровка	Установленные параметры и таблица калибровок.
Состояние и графики	Установленные параметры и графики данных ⁶ .
Все	Установленные параметры, таблица калибровок и графики данных ¹ .

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».

⁶ При восстановлении состояния с запомненными графиками данных, запуск принудительно устанавливается в состояние «остановлено». Таким образом, графики данных не могут быть стерты вновь поступающими измерениями.

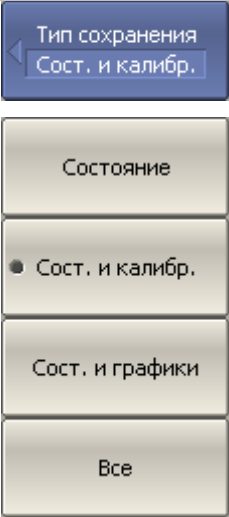
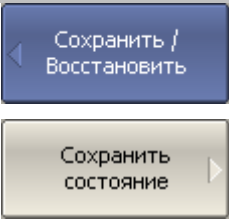
Для сохранения и восстановления файлов состояния нажатием одной кнопки предусмотрено десять программных кнопок, озаглавленных **State01**, ... **State10**. Каждой такой кнопке соответствует одноименный файл с расширением *.sta.

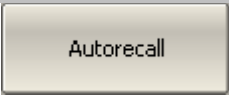
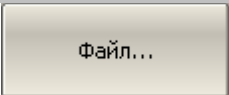
Для автоматического восстановления состояния после запуска анализатора служит специальный файл с наименованием *Autorecall.sta*. Чтобы использовать данную возможность пользователь должен сохранить такой файл с помощью кнопки с наименованием «**Autorecall**».

Для отмены автоматического восстановления состояния после запуска анализатора служит специальная кнопка, которая удаляет файл *Autorecall.sta*.

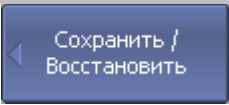
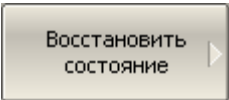
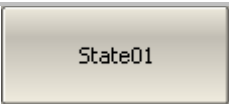
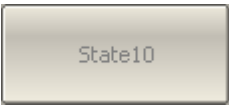
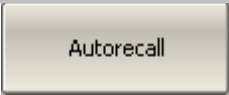
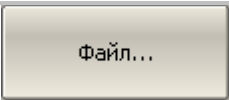
Предусмотрена возможность сохранения и восстановления файлов с произвольными именами. Для чего служит кнопка с наименованием «Файл...», которая открывает диалоговое окно выбора имени файла.

7.1.1 Порядок сохранения состояния

	Для выбора типа сохранения состояния – нажмите программные кнопки: Сохранить/восстановить > Тип сохранения > Состояние Сост. и калибр. Сост. и графики Все
	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...

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...

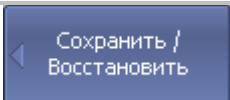
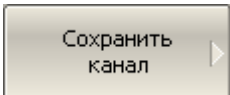
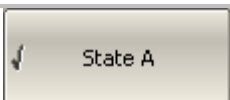
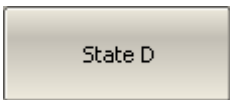
7.2 Сохранение состояния каналов

Состояние отдельных каналов может быть сохранено во внутренней памяти анализатора. Сохранение состояния канала аналогично сохранению анализатора в целом, и на них действуют те же настройки типа сохранения, которые описаны в предыдущем разделе.

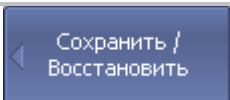
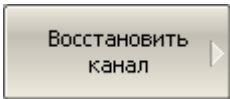
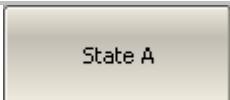
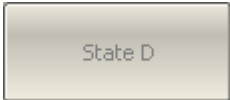
В отличие от сохранения состояния анализатора в целом, состояние канала сохраняется не на диске, а во внутренней памяти анализатора и стирается после выключения анализатора. Для хранения состояния канала служат четыре регистра памяти, обозначенные **A, B, C, D**.

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 State A...State D. 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 (comma separated values). 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

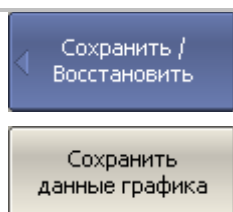
F[n] – частота измерения в точке n;

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

Перед сохранением данных графика выберите активный график.



Для сохранения данных графика – нажмите программные кнопки:

Сохранить/восстановить > **Сохранить данные графика.**

В открывшемся файловом диалоге введите имя файла.

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 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.

Примечание	Если в канале присутствуют графики не всех S-параметров, то могут отсутствовать изменения некоторых S-параметров. Например, если включен один график S_{11}, то измерения S_{21} присутствуют, а измерения S_{12} и S_{22} – отсутствуют. Отсутствующие S-параметры дополняются нулями в файле. Если включена полная двухпортовая калибровка, то в канале осуществляются измерения всех четырех S-параметров, не зависимо от числа графиков.
------------	--

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
# Hz S 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}”
```

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

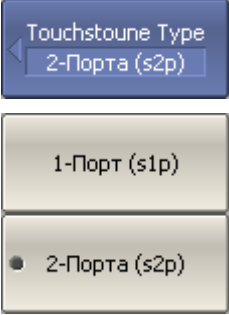
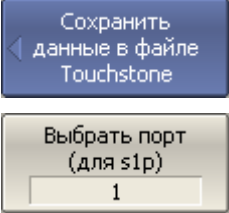
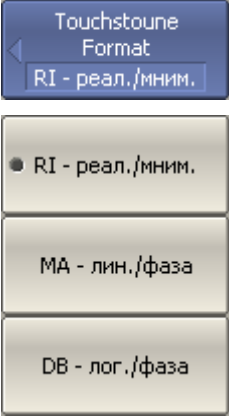
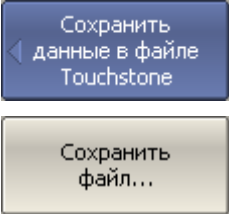
F[n] – частота измерения в точке n

{...}’ – {реальная часть (RI) | линейная амплитуда (MA) | логарифм. амплитуда (DB)}

{...}” – {мнимая часть (RI) | фаза в градусах (MA) | фаза в градусах (DB)}

Функция сохранения файлов данных в формате Touchstone применима к отдельным каналам. Перед использованием данной функции выберите активный канал

7.4.1 Порядок сохранения файлов данных формата Touchstone

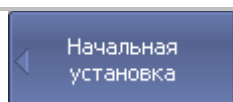
	Выберите тип сохранения, нажав программные кнопки: Сохранить/восстановить > Сохранить данные в файле Touchstone > Тип > 1-Порт (s1p) 2-Порт (s2p)
	Если выбран однопортовый тип сохранения, то выберите номер порта однопортовых измерений программными кнопками: Сохранить/восстановить > Сохранить данные в файле Touchstone > Выбрать порт (для s1p).
	Для выбора формата данных – нажмите программные кнопки: Сохранить/восстановить > Сохранить данные в файле Touchstone > Формат > RI MA DB
	Для сохранения файла на диске – нажмите программные кнопки: Сохранить/восстановить > Сохранить данные в файле Touchstone > Сохранить файл... В открывшемся файловом диалоге введите имя файла.

8 Системные установки

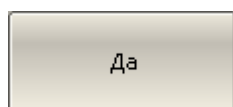
8.1 Начальная установка

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.

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 MS Word;
- Программа просмотра изображений Windows;
- Встроенная программа печати.

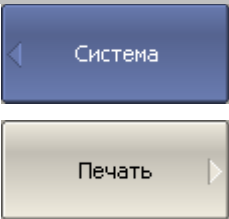
Примечание	Программа MS Word должна быть установлена в системе Windows.
Примечание	Встроенная программа печати требует, чтобы в Windows был установлен хотя бы один принтер.

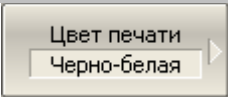
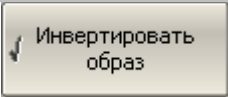
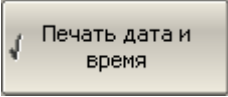
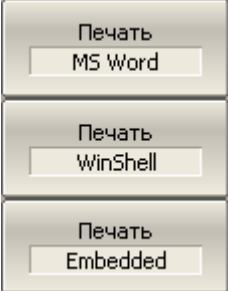
Предусмотрены следующие варианты преобразования цвета перед передачей изображения программе – агенту печати:

- 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.

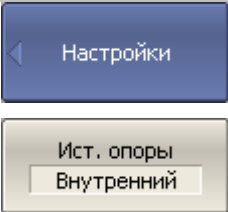
	Для распечатки графиков – нажмите программные кнопки Система > Печать.
---	--

	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.

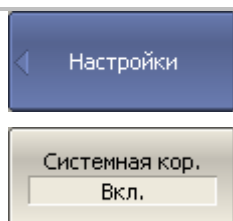
Системная коррекция обеспечивает начальное значение измеряемых S-параметров до проведения калибровки прибора пользователем. Системная калибровка осуществляется по плоскости физических разъемов портов на передней панели и не может учитывать соединительные кабели и другие цепи, используемые для подключения 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.
------------	---



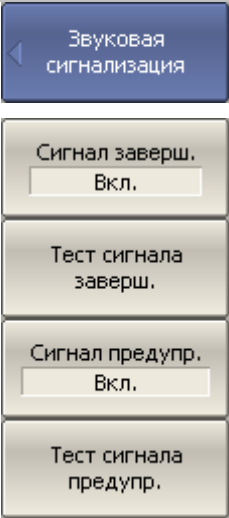
Для отключения и повторного включения системной калибровки – нажмите программные кнопки:

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.

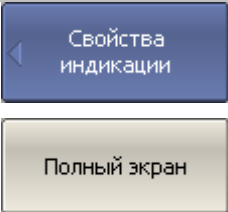
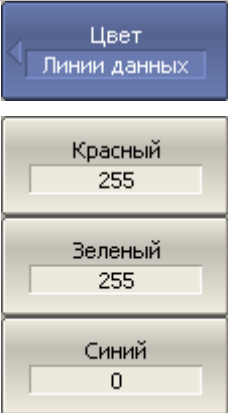
	Для отключения и повторного включения звуковой сигнализации – нажмите программные кнопки: Система > Настройки > Звуковая сигнализация > Сигнал заверш. Система > Настройки > Звуковая сигнализация > Сигнал предупр. Для испытания звуковой сигнализации – нажмите программные кнопки: Система > Настройки > Звуковая сигнализация > Тест сигнала заверш. Система > Настройки > Звуковая сигнализация > Тест сигнала предупр.
--	---

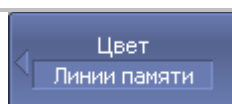
8.6 Настройка интерфейса

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
- Стил 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.



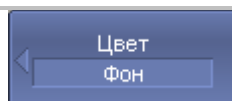
Красный	127
Зеленый	127
Синий	0

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.

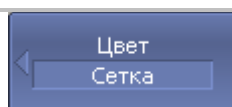


Красный	0
Зеленый	0
Синий	0

Для изменения цвета фона графика – нажмите программные кнопки:

Индикация > Свойства > Цвет > Фон

Затем введите значения цветовых составляющих от 0 до 255.



Красный	160
Зеленый	160
Синий	164

Для изменения цвета сетки графиков – нажмите программные кнопки:

Индикация > Свойства > Цвет > Сетка

Затем введите значения цветовых составляющих от 0 до 255.

← Линии Стиль данных Сплошной Толщ. данных 1 Стиль памяти Сплошной Толщ. памяти 1 Стиль сетки Сплошной	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
← Размер шрифта Кнопки 11 Окно канала 11 Сост. канала 11 Сост. прибора 11	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.
← Свойства индикации Инверт. цвет	Для инвертирования цвета графической области – нажмите программные кнопки: Индикация > Свойства > Инверт. цвет.
← Свойства индикации Строка меню Вкл.	Для включения / выключения строки верхнего меню – нажмите программные кнопки: Индикация > Свойства > Строка меню.

← Свойства индикации Оцифровка гориз. Вкл.	Для включения / выключения строки оцифровки оси стимулов (ось X) – нажмите программные кнопки: Индикация > Свойства > Оцифровка гориз.
← Оцифровка Актив. график Откл. ● Актив. график Все графики	Для выбора типа оцифровки оси измеряемых значений (ось Y) – нажмите программные кнопки: Индикация > Свойства > Оцифровка верт. > Выключено Активный график Все графики
← Свойства индикации Начальные установки	Для восстановления заводских настроек интерфейса – нажмите программные кнопки: Индикация > Свойства > Начальные установки.

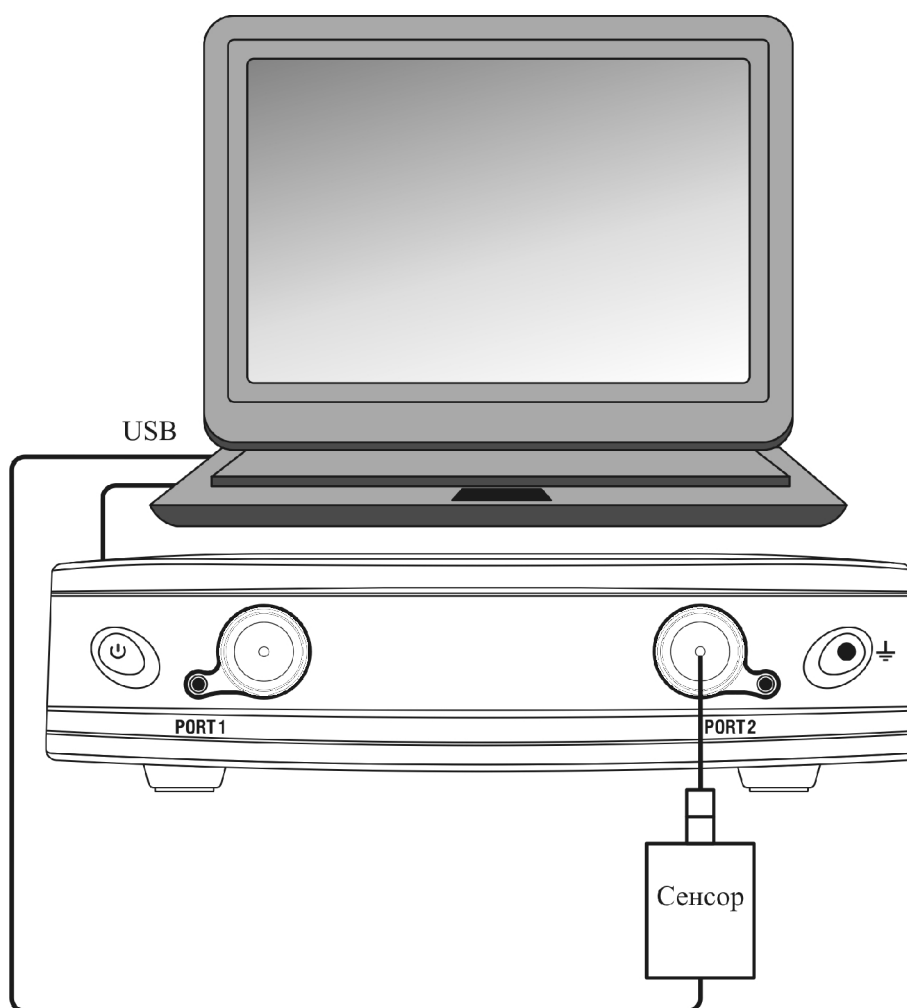
8.7 Отключение обновления экрана

Обновление экрана может быть отключено для уменьшения времени цикла сканирования. Данная возможность может быть полезна при удаленном управлении анализатором через интерфейс COM/DCOM.

← Индикация Обновление Вкл.	Для отключения обновления экрана – нажмите программные кнопки: Индикация > Обновление.
Примечание	Предупреждение об отключении обновления экрана индицируется в строке состояния анализатора «Обнов. откл.».

8.8 Настройка измерителя мощности

К измерителю можно подключить внешний измеритель мощности для калибровки мощности портов. Измеритель мощности подключается к разъему USB непосредственно, или через переход USB/GPIB. Требуется установка программного обеспечения измерителя мощности. Примеры подключения измерителя мощности показаны на рисунках 8.1. Список поддерживаемых измерителей мощности приведен в таблице 8.1.



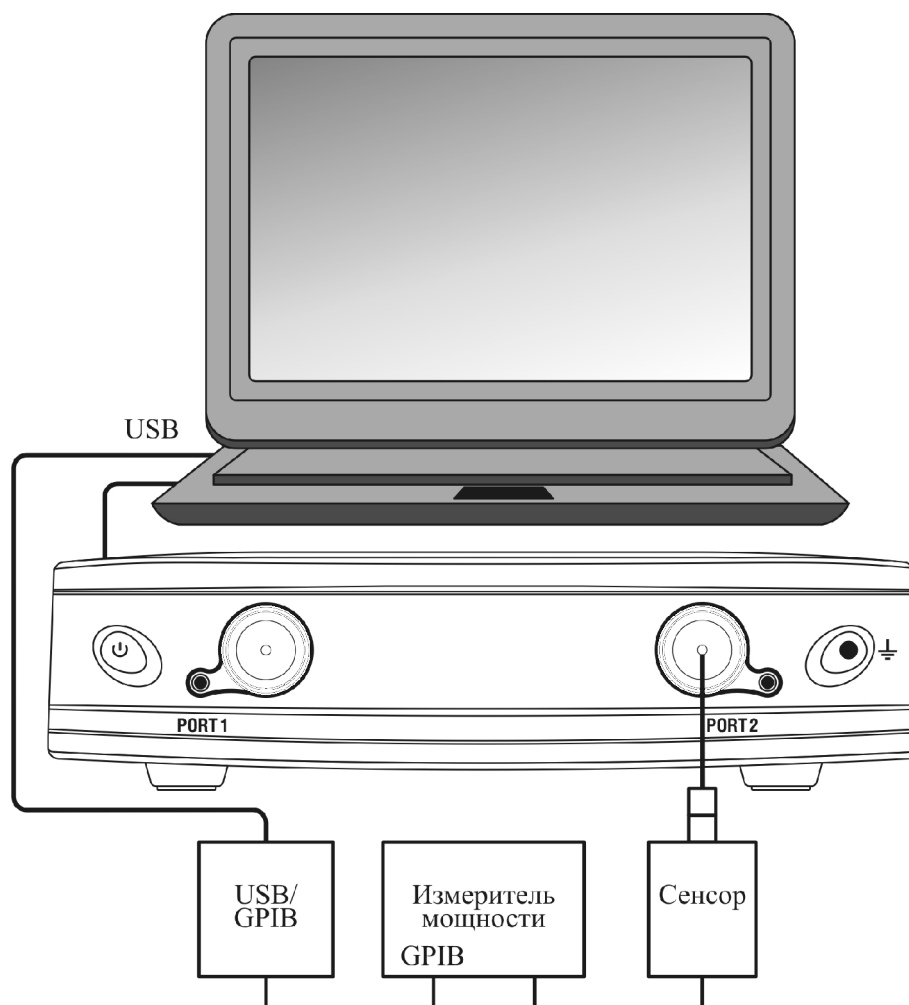


Рисунок 8.1 Подключение измерителя мощности

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&Schwarz NRP-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 VISA visa32.dll

← Измеритель мощности R&S NRP-Z Sensors (USB) ● R&S NRVS (GPIB)	Для выбора измерителя мощности – нажмите программные кнопки: Система > Настройки > Настройки измерителя мощности > Измеритель мощности > R&S NRP-Z sensors (USB) R&S NRVS (GPIB)
← Настройки измерителя мощности GPIB плата 0 GPIB адрес 7	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.

8.9 Функция точной подстройки выходной частоты

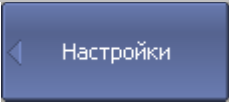
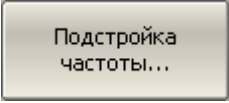
Функция служит для точной подстройки выходной частоты с помощью внешнего измерителя частоты. Функция обеспечивает относительную подстройку частоты в пределах $\pm 0.001\%$ (типовое значение) путем ввода пользователем коэффициента подстройки от -128 до $+127$. Результат подстройки сохраняется в энергонезависимой 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:

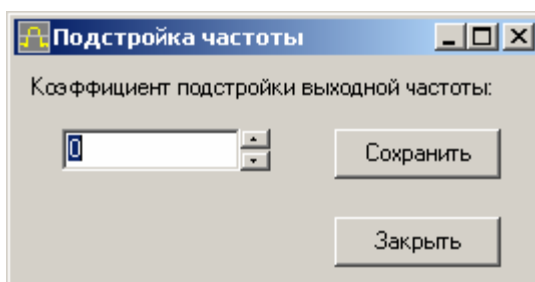
Включите и прогрейте прибор до рабочей температуры не менее 40 минут;

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**.



9 Техническое обслуживание анализатора

9.1 Введение

Настоящий раздел РЭ устанавливает порядок и правила технического обслуживания анализатора, выполнение которых обеспечивает постоянную готовность анализатора к работе.

9.2 Общие указания

Техническое обслуживание анализатора заключается в поддержании аппаратуры в рабочем состоянии, в регулярном контроле технических характеристик путем проведения профилактических работ, контрольных проверок и профилактических проверок рабочих эталонов, входящих в состав анализатора.

9.3 Указание мер безопасности

При работе с анализатором необходимо соблюдать все общие меры безопасности, относящиеся к аппаратуре, работающей от сети с напряжением 220В.

К работе с анализатором могут быть допущены лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности.

При эксплуатации прибора вентиляционные отверстия на корпусе прибора не должны закрываться предметами.

Осмотр проводить только при отключении сетевого блока питания прибора от сети.

9.4 Порядок проведения технического обслуживания

Перед проведением технического обслуживания следует подготовить необходимый инструмент, принадлежности и материалы: пинцет, отвертку, мягкую кисть, спирт этиловый ректификованный, ветошь, бязь, марлю.

При непосредственном использовании прибора по назначению проводятся следующие виды обслуживания:

- контрольный осмотр (КО)
- техническое обслуживание 2 (ТО–2).

При кратковременном хранении (до 1 года) проводится КО.

При длительном хранении (более 1 года) проводятся:

- техническое обслуживание 1 при хранении (ТО–1х);
- техническое обслуживание 2 при хранении.

При контрольном осмотре осуществляются:

- проверка комплектности
- внешний осмотр для проверки отсутствия механических повреждений, целостности изоляционных и лакокрасочных покрытий; исправности соединительных проводов, кабелей питания, заземления.

ТО–2 включает в себя:

- контрольный осмотр;
- проверка функционирования анализатора (проводится при подготовке анализатора к использованию по назначению);
- протирку контактов электрических разъемов и СВЧ соединителей;
- проверку правильности ведения эксплуатационной документации (ЭД);
- проверку работоспособности отдельных узлов и блоков;
- ТО–2 совмещается с периодической поверкой и при постановке на длительное хранение;
- вскрыть прибор и выполнить следующие профилактические работы:
- удалить пыль струей сжатого воздуха;
- проверить крепления узлов, состояние паяк;
- провести периодическую поверку;
- закрыть крышки;
- упаковать прибор.

ТО–1х проводится 1 раз в год и включает в себя:

- проверку наличия прибора на месте хранения;
- проведение внешнего осмотра состояния упаковки;
- проверку состояния учета и условий хранения;
- проверку правильности ведения ЭД.

ТО–2х выполняется 1 раз в 5 лет и включает в себя:

- все операции ТО–1х;

- провести поверку;
- упаковать прибор;
- проверить состояние ЭД;
- сделать в паспорте отметку о выполненных работах.

Контроль и профилактика электрических контактов.

Проверка по этому пункту включает следующие операции:

- проверка технической прочности, заделки разъемов, сетевых вилок, наконечников на всех кабелях и шнурах, тестирование проводимости соответствующих контактов, разъемов, кабелей;
- проверка качества разъемных соединений (состояние резьбы, возможность и удобство завинчивания в резьбовых разъемах).

В случае неудовлетворительных результатов проверок принять соответствующие меры по ремонту, заделки, затяжки соединителей и контактных устройств.

Контроль качества монтажа проводят путем внешнего осмотра контакта с минимальной разборкой устройств, путем снятия крышек, панелей; при этом контролируют качество паяк. Необходимо соблюдать меры защиты полупроводниковых элементов от статического электричества.

Профилактические работы выполняют с минимально необходимой разборкой узлов, трактов, расстыковкой соединителей.

Контактные поверхности ВЧ соединителей протирают спиртом ректифицированным с помощью кусочка мягкой ткани (или колонковой кистью), не допуская попадания спирта на поверхность СВЧ диэлектриков.

При подключениях «вилка–розетка» коаксиальных СВЧ соединителей использовать ключ с калиброванным усилием.

10 Поверка анализатора

Поверка прибора осуществляется в соответствии с инструкцией – «Анализаторы цепей векторные «S5048», «S7530». Методика поверки МП 6687–102–21477812–2013».

Межповерочный интервал – один год.

Для автоматизированной поверки служит специальный раздел в программе анализатора.

11 Правила хранения

Анализатор до введения в эксплуатацию должен храниться в упаковке предприятия – изготовителя при температуре окружающего воздуха от 0 до плюс 40 °С и относительной влажности до 80% (при температуре плюс 25 °С), согласно условиям хранения 1 ГОСТ 15150 – 69.

Хранение прибора без упаковки следует производить при температуре окружающего воздуха от плюс 10 до плюс 35 °С и относительной влажности до 80% (при температуре плюс 25 °С).

В помещениях для хранения содержание пыли, паров кислот и щелочей, агрессивных газов и других вредных примесей, вызывающих коррозию, не должно превышать содержание коррозионно – активных агентов для атмосферы типа 1 по ГОСТ 15150–69.

12 Транспортирование

Допускается транспортирование прибора в транспортной таре всеми видами транспорта при температуре окружающего воздуха от минус 50 до плюс 60°С.

При транспортировании самолетом приборы должны быть размещены в отапливаемых герметизированных отсеках.

Условия транспортирования приборов по ГОСТ 22261–94.

При транспортировании должна быть предусмотрена защита от попадания атмосферных осадков и пыли. Не допускается кантование приборов.

Приложение 1.

Список параметров анализатора, устанавливаемых при начальной установке и в при сохранении состояния.

Наименование параметра	Значение по умолчанию	Объект ⁷
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
Число графиков канала	1	Кан
Номер активного графика	1	Кан
Связность маркеров	Включено	Кан
Закон сканирования	Частота / линейный	Кан
Точек	201	Кан
Начальная частота	20 кГц	Кан
Конечная частота	Максимальная рабочая частота ГГц	Кан
Фиксированная частота	20 кГц	Кан

⁷ Объект установки параметра (Изм - анализатор, Кан - канал, Гр – график)

Начальная мощность	–50 дБм	Кан
Конечная мощность	5 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	20 кГц	Кан
Конечная частота сегмента	20 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
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 /75 Ω	Кан
Значение преобразования импеданса: порт 2	50 Ω /75 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
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
Положение маркера	20 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