

АНАЛИЗАТОРЫ ЦЕПЕЙ ВЕКТОРНЫЕ

- C4209, C4409
- C4220, C4420



РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ



АНАЛИЗАТОРЫ ЦЕПЕЙ ВЕКТОРНЫЕ

C4209, C4409

C4220, C4420

МОДИФИКАЦИЯ TFE1854

РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

Июнь 2021

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1 Требования безопасности	7
2 Описание и принцип работы	10
2.1 Назначение	10
2.2 Состав	11
2.3 Технические характеристики	20
2.3.1 Основные технические характеристики ¹⁾	20
2.3.2 Справочные технические характеристики	30
2.3.3 Функциональные возможности	32
2.4 Устройство и принцип работы	38
3 Подготовка к работе	44
3.1 Общие положения	44
3.2 Распаковывание и повторное упаковывание	44
3.2.1 Распаковывание	45
3.2.2 Упаковывание	46
3.3 Внешний осмотр	47
4 Порядок работы	49
4.1 Расположение органов управления	49
4.1.1 Передняя панель модуля	54
4.1.2 Передняя панель анализатора	55
4.1.3 Задняя панель модуля	56
4.1.4 Задняя панель анализатора	57
4.2 Схемы подключения	58
4.3 Проведение измерений	62
4.3.1 Порядок включения	62
4.3.2 Порядок проведения измерений	63
4.3.3 Выбор модулей в программном обеспечении	64
4.3.4 Калибровка	67
4.3.5 Описание основных режимов измерений	74
5 Проверка работоспособности	80
6 Техническое обслуживание	82
7 Текущий ремонт	83
8 Хранение	84
9 Транспортирование	84
Приложение А (справочное) Правила использования соединителей	85
Приложение Б (справочное) Установка уровня мощности измерительного и гетеродинного сигналов	90
Приложение В (справочное) Библиотека	96

Введение

Документ является дополнением к эксплуатационной документации анализаторов цепей векторных серии Кобальт.

В линейке приборов данной серии представлены анализаторы C4209, C4409, C4220, C4420 с переключателями на передней конфигурируемой панели для подключения модулей расширения частотного диапазона - внешних преобразователей. Дополнительно на задней панели таких анализаторов есть соединители для передачи сигналов управления и электропитания. Применение модулей обеспечивает смещение верхней границы диапазона рабочих частот при измерении комплексных коэффициентов передачи и отражения вплоть до микроволновых длин волн.

Анализаторы цепей векторные C4209, C4409, C4220, C4420 имеют несколько модификаций, отличающихся типом совместно используемых модулей расширения частотного диапазона.

Таблица 1 Перечень модификаций анализаторов цепей векторных

Модификация	Модули	Диапазон рабочих частот анализатора
C4209, C4409	Без модулей	от 100 кГц до 9 ГГц
C4220, C4420	Без модулей	от 100 кГц до 20 ГГц
C4209/TFE1854, C4409/TFE1854	TFE1854	от 18 до 54 ГГц
C4220/TFE1854, C4420/TFE1854	TFE1854	от 18 до 54 ГГц
C4209/FEV15, C4409/FEV15	FEV15	от 50 до 75 ГГц
C4220/FEV15, C4420/FEV15	FEV15	от 50 до 75 ГГц
C4209/FEV12, C4409/FEV12	FEV12	от 60 до 90 ГГц
C4220/FEV12, C4420/FEV12	FEV12	от 60 до 90 ГГц
C4209/FEV10, C4409/FEV10	FEV10	от 75 до 110 ГГц
C4220/FEV10, C4420/FEV10	FEV10	от 75 до 110 ГГц

Описание анализаторов, работающих как отдельные средства измерений, приведено в их руководстве по эксплуатации.

Модификации C4xxx/FEV15, C4xxx/FEV12, C4xxx/FEV10 зарезервированы для дальнейшего использования.

Настоящее руководство по эксплуатации предназначено для изучения устройства, принципа действия, правил использования, транспортирования и хранения анализаторов цепей векторных С4209/TFE1854, С4409/TFE1854, С4220/TFE1854, С4420/TFE1854.

Руководство по эксплуатации содержит следующие данные:

- общие сведения об анализаторах цепей векторных (далее - анализаторы);
- описание модулей расширения частотного диапазона (далее - модули);
- требования безопасности при эксплуатации;
- комплектность;
- основные и справочные технические характеристики в табличном и графическом видах;
- порядок подключения;
- порядок проведения измерений;
- условия эксплуатации, транспортирования и хранения.

Перед началом работы необходимо ознакомиться со следующими документами:

- настоящим руководством по эксплуатации;
- руководством по эксплуатации на анализаторы серии Кобальт;
- руководством программиста на анализаторы серии Кобальт для организации дистанционного управления.



Рисунок 1 Внешний вид анализатора цепей векторного С4420 (модификация С4420/TFE1854)



Рисунок 2 Внешний вид модуля расширения частотного диапазона

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

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

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

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

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

1 Требования безопасности

Требования безопасности указаны в руководстве по эксплуатации на анализаторы цепей векторные серии Кобальт.

Далее отмечены основные моменты, относящиеся к модулям расширения частотного диапазона.

При эксплуатации анализаторов совместно с модулями необходимо соблюдать требования: «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей».

Заземление модулей производится через кабель управления, подключенный к анализатору.

ВНИМАНИЕ:

ЗАПРЕЩАЕТСЯ ПРОИЗВОДИТЬ СОЕДИНЕНИЕ ИЛИ РАЗЪЕДИНЕНИЕ КАБЕЛЯ УПРАВЛЕНИЯ МОДУЛЯ ПРИ ВКЛЮЧЕННОМ АНАЛИЗАТОРЕ.

ЗАПРЕЩАЕТСЯ НАРУШАТЬ ЗАЩИТНЫЕ ПЛОМБЫ, ПРОИЗВОДИТЬ САМОСТОЯТЕЛЬНЫЙ РЕМОНТ.



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

До начала работы рекомендуется соединить корпус модуля с корпусом исследуемого устройства.

Превышение максимальной входной мощности радиочастотного сигнала или максимального постоянного напряжения, указанных на корпусе модуля, может привести к выходу его из строя.



Модули расширения частотного диапазона работают от внутреннего источника питания анализаторов. Использование других источников питания может привести к повреждению модулей.

Перед включением модуля следует визуально проверить исправность кабеля управления.

Защита от электростатического разряда

На рабочем месте должны быть приняты меры по обеспечению защиты от воздействия статического электричества.

Статическое электричество может накопиться на вашем теле и при разряде повредить чувствительные элементы внутренних цепей анализатора или подключенного к нему модуля расширения. Для предотвращения повреждения необходимо соблюдать следующее:



- *всегда* снимать накопленный на теле заряд статического электричества до прикосновения к модулю и другим чувствительным к статическому электричеству устройствам;
 - *всегда* использовать заземленный проводящий настольный коврик;
 - *всегда* надевать на руку заземленный антистатический браслет, подсоединенный к заземленному проводящему настольному коврику через последовательно подключенный резистор 1 МΩ.
-

2 Описание и принцип работы

2.1 Назначение

Анализаторы цепей векторные предназначены для измерений комплексных коэффициентов передачи и отражения (элементов матрицы рассеяния) многополюсников.

Область применения – проверка, настройка и разработка различных радиотехнических устройств в условиях промышленного производства и лабораторий, в том числе в составе автоматизированных измерительных стендов.

Таблица 2.1 Полное торговое наименование, тип, обозначение и номера

Анализаторы цепей векторные С1205, С1207, С1209, С1214, С1220, С1409, С1420, С2209, С2409, С2220, С2420, С4209, С4409, С4220, С4420
Модификации С4209/TFE1854, С4409/TFE1854, С4220/TFE1854, С4420/TFE1854

Для работы в автоматизированных измерительных стендах анализаторы цепей векторные поддерживают дистанционное управление по протоколам COM, TCP/IP Socket.

Модификации С4209/TFE1854, С4409/TFE1854, С4220/TFE1854, С4420/TFE1854 объединяют анализаторы цепей векторные и модули в единую измерительную систему комплексных коэффициентов передачи и отражения с расширением верхней границы диапазона рабочих частот.

Таблица 2.2 Перечень анализаторов, поддерживающих подключение модулей

Анализатор	Диапазон рабочих частот
Двухпортовые приборы	
С4209	от 100 кГц до 9 ГГц
С4220	от 100 кГц до 20 ГГц
Четырехпортовые приборы	
С4409	от 100 кГц до 9 ГГц
С4420	от 100 кГц до 20 ГГц

Максимальное количество работающих модулей в системе определяется количеством измерительных портов анализатора, т.е. двухпортовые приборы могут одновременно работать с одним или двумя модулями, четырехпортовые могут управлять одним, двумя, тремя или четырьмя модулями.

Таблица 2.3 Описание модификаций

Модификация	Модули	Диапазон рабочих частот
C4209, C4409	Без модулей	от 100 кГц до 9 ГГц
C4220, C4420	Без модулей	от 100 кГц до 20 ГГц
C4209/TFE1854, C4409/TFE1854	TFE1854	от 18 до 54 ГГц
C4220/TFE1854, C4420/TFE1854	TFE1854	от 18 до 54 ГГц

2.2 Состав

Комплект поставки состоит из нескольких частей, которые отдельно выбираются при заказе определенной модификации:

- комплект поставки анализатора (см. таблицу 2.4);
- комплект поставки модулей расширения (см. таблицу 2.5);
- принадлежности для работы в требуемом тракте.

Таблица 2.4 Базовый комплект поставки анализаторов цепей векторных C4209, C4409, C4220, C4420

Наименование	Количество, шт.
Анализатор цепей векторный	1
Кабель USB	1
Кабель питания	1
Программное обеспечение	1
Принадлежности	–
Руководство по эксплуатации	1
Методика поверки	1
Формуляр	1

Наименование	Количество, шт.
Примечания:	
1 Конкретная модель анализатора цепей векторного определяется при заказе.	
2 Программное обеспечение и документация поставляются на USB flash накопителе.	
3 Руководство по эксплуатации содержит две части.	
4 Принадлежности, к которым относятся измерительные кабели и переходы, а также средства калибровки, поставляются по отдельному заказу.	

Каждый из анализаторов имеет опцию AUX (дополнительную функциональную возможность), наличие которой определяется при заказе. При выборе указанной опции в состав прибора включается плата двухканального вольтметра постоянного тока, позволяющая измерять и отображать значения напряжений синхронно с перестройкой по частоте во время измерений комплексных коэффициентов передачи и отражения.

В таблице 2.5 приведен состав одного модуля расширения частотного диапазона, поставляемый в зависимости от выбранной модификации анализатора.

Таблица 2.5 Комплект поставки модуля расширения

Наименование	Количество, шт.
Модуль расширения частотного диапазона TFE1854	1
Кабель управления	1
Кабель RF	
SMA, вилка – SMA, вилка	1
или N, вилка – SMA, вилка	
Кабель LO	
SMA, вилка – SMA, вилка	1
Кабель IF	
SMA, вилка – SMA, вилка	2
Принадлежности	–
Руководство по эксплуатации	1

Примечания:

1 Количество модулей определяется при заказе.

2 Принадлежности, к которым относятся измерительные кабели и переходы, а также средства калибровки, определяются при заказе.

Таблица 2.6 Дополнительные наборы для модулей расширения

Наименование	Количество, шт.
Набор регулируемых ножек	
Набор для крепления в стойку горизонтальный	Определяется при заказе
Набор для крепления в стойку вертикальный	



Рисунок 2.1 Внешний вид модуля



Рисунок 2.2 Внешний вид модуля с регулируемыми ножками

Ножки могут вкручиваться в модуль, обеспечивая как вертикальное, так и горизонтальное положение.

Анализаторы работают под управлением внешнего персонального компьютера с установленным программным обеспечением, которое проводит обработку информации и выполняет функцию пользовательского интерфейса. Для связи с персональным компьютером используется интерфейс USB 2.0. Персональный компьютер не входит в комплект поставки.

Таблица 2.7 Конфигурация при заказе

Наименование	Заказ
Анализатор цепей векторный C4209 (2 порта, 9 ГГц)	<input type="checkbox"/>
Анализатор цепей векторный C4409 (4 порта, 9 ГГц)	<input type="checkbox"/>
Анализатор цепей векторный C4220 (2 порта, 20 ГГц)	<input type="checkbox"/>
Анализатор цепей векторный C4420 (4 порта, 20 ГГц)	<input type="checkbox"/>
Опция AUX (двухканальный вольтметр постоянного тока)	<input type="checkbox"/>
Модуль расширения частотного диапазона TFE1854: 1 шт.	<input type="checkbox"/>
Модуль расширения частотного диапазона TFE1854: 2 шт.	<input type="checkbox"/>
Модуль расширения частотного диапазона TFE1854: 3 шт.	<input type="checkbox"/>
Модуль расширения частотного диапазона TFE1854: 4 шт.	<input type="checkbox"/>
Набор регулируемых ножек	<input type="checkbox"/>
Набор для крепления в стойку горизонтальный	<input type="checkbox"/>
Набор для крепления в стойку вертикальный	<input type="checkbox"/>
Принадлежности в тракте 7,0/3,04 мм	<input type="checkbox"/>
Принадлежности в тракте 3,5/1,52 мм	<input type="checkbox"/>
Принадлежности в тракте 2,4/1,04 мм	<input type="checkbox"/>
Принадлежности в тракте 1,85/0,8 мм	<input type="checkbox"/>
Компьютер	<input type="checkbox"/>

Необходимые для эксплуатации принадлежности в трактах 2,4/1,04 мм и 1,85/0,8 мм приведены в таблицах 2.8 - 2.12. Комплект из одних принадлежностей может применяться в составе с несколькими приборами. Допускается использовать коммерчески доступные принадлежности любых производителей с аналогичными параметрами.

Принадлежности в трактах 7,0/3,04 мм и 3,5/1,52 мм для выполнения измерений коэффициентов передачи и отражения без модулей расширения приведены в руководстве по эксплуатации на анализаторы серии Кобальт.

Принадлежности:

Кабели измерительные

Переходы измерительные

Наборы мер

Ключи тарированные

Измерительные кабели предназначены для подключения многопортовых исследуемых устройств (ИУ) к портам модуля. Они должны обладать малой амплитудной и фазовой нестабильностью при изгибе. Рекомендуемые кабели указаны в таблице 2.8.

Таблица 2.8 Кабели измерительные

Наименование	Обозначение	Соединители	Производитель
Прецизионные			
Кабель измерительный	TESTPRO2	1,85 мм, вилка- 1,85 мм, вилка	Radiall
		1,85 мм, вилка- 1,85 мм, розетка	
Кабель измерительный	TESTPRO2	2,4 мм, вилка - 2,4 мм, вилка,	Radiall
		2,4 мм, вилка - 2,4 мм, розетка	

Примечание – Количество кабелей и типы их соединителей определяются при заказе.

Для предотвращения поломки портов и кабелей, совместимости подключения к ИУ, а также для улучшения повторяемости измерений следует использовать переходы. Перечень рекомендуемых переходов указан в таблице 2.9.

Таблица 2.9 Переходы измерительные

Наименование	Обозначение	Соединители	Производитель
Прецизионные			
Переход измерительный	08KR121	NMD 1,85 мм, – 1,85 мм	Rosenberger
Переход измерительный	08K121, 08S121	1,85 мм – 1,85 мм	Rosenberger
Переход измерительный	09KR121	NMD 2,4 мм, – 2,4 мм	Rosenberger
Переход измерительный	09K121, 09S121	2,4 мм – 2,4 мм	Rosenberger
Общего применения			
Переход измерительный	MA7171B, MA7171D	NMD 1,85 мм – NMD 1,85 мм	Arance Electronics
Переход измерительный	MA7161B, MA7161D	NMD 1,85 мм – 1,85 мм	Arance Electronics
Переход измерительный	MA6161	1,85 мм – 1,85 мм	Arance Electronics
Переход измерительный	MA7168B, MA7168D	NMD 1,85 мм – 2,4 мм	Arance Electronics
Переход измерительный	MA6868	2,4 мм – 2,4 мм	Arance Electronics
Переход измерительный	24F, 24M	2,4 мм – 2,4 мм	Mini-Circuits
Примечание – Количество переходов и типы их соединителей определяются при заказе.			

Средства калибровки предназначены для выполнения настройки модулей перед использованием, позволяющей существенно снизить погрешность измерений комплексных коэффициентов передачи и отражения.

Для калибровки могут использоваться наборы мер с резистивными согласованными нагрузками или с согласованными нагрузками с подвижным поглотителем, а также наборы мер с отрезками прецизионных линий передачи. Перечень рекомендуемых средств калибровки приведен в таблице 2.10, требования к параметрам нагрузок из состава наборов мер перечислены в таблице 2.11.

Порядок проведения калибровки приведен в 4.3.4.

Таблица 2.10 Наборы мер

Наименование	Обозначение	Соединители	Производитель
Прецизионные			
Набор мер коэффициентов передачи и отражения	ZV-Z218	1,85 мм	Rohde & Schwarz
Набор мер коэффициентов передачи и отражения	7850CK31	1,85 мм	Maury Microwave
Набор мер коэффициентов передачи и отражения	ZV-Z224	2,4 мм	Rohde & Schwarz
Общего применения			
Набор мер коэффициентов передачи и отражения	85058B	1,85 мм	Keysight Technologies
Набор мер коэффициентов передачи и отражения	08CK010-150	1,85 мм	Rosenberger
Набор мер коэффициентов передачи и отражения	85056A	2,4 мм	Keysight Technologies
Набор мер коэффициентов передачи и отражения	09CK010-150	2,4 мм	Rosenberger
Наборы мер	НКММ	2,4 мм	Микран
Примечание – Количество и типы наборов калибровочных мер определяются при заказе.			

Таблица 2.11 Рекомендуемые параметры нагрузок из состава набора мер

Наименование характеристики	Значение характеристики
Модуль коэффициента отражения нагрузок согласованных, не более	0,080
Абсолютная погрешность определения действительных значений модуля коэффициента отражения нагрузок согласованных в диапазоне частот:	
от 18 до 30 ГГц	$\pm 0,015$
свыше 30 до 54 ГГц	$\pm 0,020$
Модуль коэффициента отражения нагрузок короткозамкнутых и холостого хода, не менее	0,970
Абсолютная погрешность определения действительных значений фазы коэффициента отражения нагрузок короткозамкнутых и холостого хода в диапазоне частот, градус:	
от 18 до 30 ГГц	$\pm 2,0$
свыше 30 до 54 ГГц	$\pm 3,0$

Меры из состава перечисленных наборов, кроме 7850СК31, должны иметь табличное описание частотных характеристик. Под табличным описанием следует понимать таблицу значений комплексного коэффициента отражения меры (нагрузки) в требуемом диапазоне частот.

Для предотвращения поломки соединителей и обеспечения максимальной повторяемости результата измерений, подключение устройств рекомендуется выполнять с помощью тарированных ключей.



Затягивание соединителей следует выполнять с помощью тарированного ключа с нормированным значением крутящего момента:

от 0,8 до 1,0 Н·м для соединителей 1,85 мм (2,4 мм, 2,92 мм, 3,5 мм, IX, SMA);

от 1,1 до 1,7 Н·м для соединителей N (III).

Перечень рекомендуемых ключей приведен в таблице 2.12.

Таблица 2.12 Ключи тарированные

Наименование	Обозначение	Производитель
Ключ тарированный	ANO TW	Anoison
Ключ тарированный	КТ	Микран

Примечание – Количество и типы ключей определяются при заказе.

2.3 Технические характеристики

2.3.1 Основные технические характеристики¹⁾

Диапазоны и пределы погрешностей измерений комплексных коэффициентов передачи и отражения приведены для рабочего диапазона температур окружающей среды и при изменении температуры не более чем на ± 1 °С после выполнения полной однопортовой (только для коэффициента отражения) или полной двухпортовой калибровки при уровне выходной мощности минус 10 дБм.

Для получения указанных в таблице 2.13 пределов погрешности измерений модуля и фазы коэффициентов передачи и отражения следует применять прецизионные измерительные кабели, переходы и средства калибровки. При использовании принадлежностей общего применения пределы погрешности могут быть увеличены.

Таблица 2.13 Метрологические и технические характеристики C4209/TFE1854, C4409/TFE1854, C4220/TFE1854, C4420/TFE1854

Наименование характеристики	Значение характеристики
Диапазон рабочих частот, ГГц	от 18 до 54
Пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты выходного сигнала	$\pm 2 \times 10^{-6}$
Диапазон установки уровня выходной мощности, дБм:	
от 18 ГГц до 50 ГГц	от минус 20 до плюс 3
свыше 50 ГГц до 54 ГГц	от минус 20 до минус 6
Диапазон измерений модуля коэффициента отражения	от 0 до 1
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля коэффициента отражения ^{1), 2), 3)} ,	$\pm [Ed + (Er-1) \cdot S_{ij} + Es \cdot S_{ij} ^2]$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений фазы коэффициента отражения, градус ⁴⁾	$\pm [1,0 + (180/\pi) \cdot \arcsin(\Delta S_{ij} / S_{ij})]$

¹⁾ Технические характеристики являются предварительными и могут быть изменены по результатам испытаний с целью утверждения типа средств измерений. Технические характеристики демонстрационного комплекта могут отличаться от указанных.

Наименование характеристики	Значение характеристики
Диапазон измерений модуля коэффициента передачи в диапазоне частот, дБ:	
от 18 ГГц до 36 ГГц	от минус 110 до плюс 10
свыше 36 ГГц до 50 ГГц	от минус 100 до плюс 10
свыше 50 ГГц до 54 ГГц	от минус 100 до плюс 5
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля коэффициента передачи ^{5), 6)}	$\pm S_{ji} \cdot [(Et-1) + Es \cdot S_{ii} + El \cdot S_{jj} + Ex \cdot S_{ji} ^{-1}]$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений фазы коэффициента передачи, градус ⁷⁾	$\pm [0,5 + (180/\pi) \cdot \arcsin(\Delta S_{ji} / S_{ji})]$
Уровень собственного шума приёмников в диапазоне частот, дБм/Гц, не более:	
от 18 ГГц до 36 ГГц	минус 130
свыше 36 ГГц до 54 ГГц	минус 120
Среднее квадратическое отклонение трассы при измерении модуля коэффициентов передачи и отражения в диапазоне частот и полосе фильтра промежуточной частоты 3 кГц, дБ, не более:	
от 18 ГГц до 36 ГГц	0,0015
свыше 36 ГГц до 54 ГГц	0,0025
Количество измерительных портов	1
Параметры измерительных портов:	
тип соединителей	NMD 1,85 мм, вилка
волновое сопротивление, Ом	50
нескорректированные параметры, дБ, не менее	приведены в таблице 2.14
Управление:	
тип соединителя	LEMO B-series
интерфейс	SPI
Напряжение питания постоянного тока, В	от 9 до 15

Наименование характеристики	Значение характеристики
Потребляемая мощность, Вт, не более	25
Время установления рабочего режима, ч, не более	1
Габаритные размеры (длина × ширина × высота), мм, не более	240 × 144 × 60
Масса, кг, не более	2,2
Рабочие условия эксплуатации:	
температура окружающего воздуха, °С	от 5 до 40
относительная влажность воздуха при температуре плюс 25 °С, %, не более	90
атмосферное давление, кПа	от 70,0 до 106,7

Примечания:

1) Пределы погрешности измерений модуля и фазы коэффициента отражения нормированы для двухполюсников или четырехполюсников с бесконечным ослаблением.

2) В формуле приняты следующие обозначения:

$|S_{ii}|$ – действительный (или измеренный) модуль коэффициента отражения исследуемого устройства (далее - ИУ) в линейном масштабе;

$\Delta|S_{ii}|$ – предел допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля коэффициента отражения в линейном масштабе;

$|S_{ii}|$ и $\Delta|S_{ii}|$ являются безразмерными.

3) В формуле приняты следующие обозначения:

E_d – эффективная направленность;

E_r – эффективный трекинг отражения;

E_s – эффективное согласование источника.

Эффективные (скорректированные) параметры приведены в таблице 2.15.

4) Погрешность фазы нормируется в диапазоне модуля коэффициента отражения $|S_{ii}|$ от 0,032 до 1,000 (от минус 30 до 0 дБ).

Наименование характеристики	Значение характеристики
5) В формуле приняты следующие обозначения: $ S_{ji} $ – действительный (или измеренный) модуль коэффициента передачи в линейном масштабе; $ S_{ji} $ и $ S_{jj} $ – действительный (или измеренный) модуль коэффициента отражения входа и выхода ИУ в линейном масштабе; $\Delta S_{ji} $ – предел допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля коэффициента передачи в линейном масштабе; $ S_{ji} $, $ S_{ii} $, $ S_{jj} $ и $\Delta S_{ji} $ являются безразмерными.	
6) В формуле приняты следующие обозначения: E_t – эффективный трекинг передачи; E_l – эффективное согласование нагрузки; E_x – максимальный уровень собственного шума (изоляция).	
Эффективные (скорректированные) параметры приведены в таблице 2.15. Параметр E_x указан для уровня выходной мощности минус 10 дБм и полосы фильтра промежуточной частоты 1 Гц.	
7) При расчёте использовать $\Delta S_{ji} $ и $ S_{ji} $ в линейном масштабе.	

Таблица 2.14 Нескорректированные параметры

Диапазон частот	Направленность, дБ	Согласование источника, дБ	Согласование нагрузки, дБ
от 18 ГГц до 54 ГГц	10	10	10

Таблица 2.15 Эффективные (скорректированные) параметры

Диапазон частот	E_d	E_s	E_l	(E_r-1)	(E_t-1)	E_x
от 18 ГГц до 36 ГГц	0,013	0,025	0,013	0,017	0,012	$3,2 \cdot 10^{-6}$
свыше 36 ГГц до 54 ГГц	0,020	0,032	0,020	0,022	0,022	$1,0 \cdot 10^{-5}$

Таблица 2.16 Дополнительная форма представления погрешности измерений

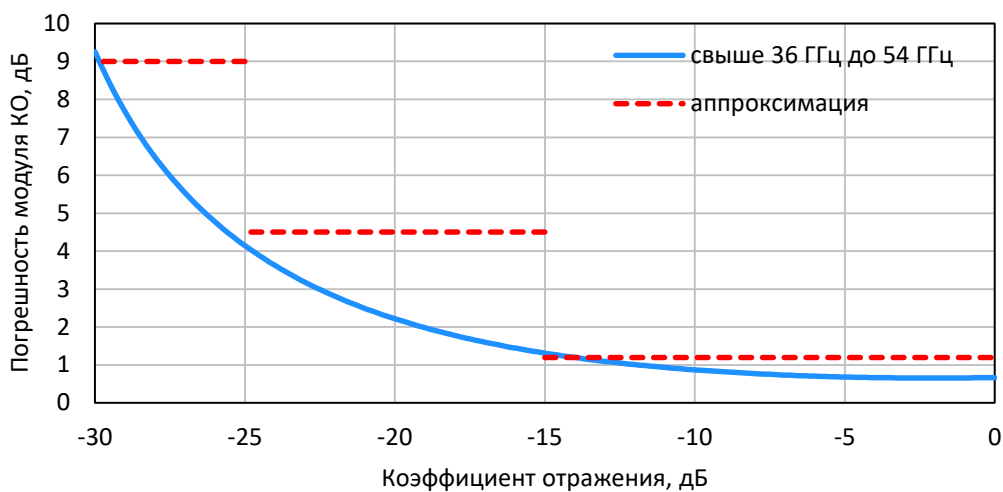
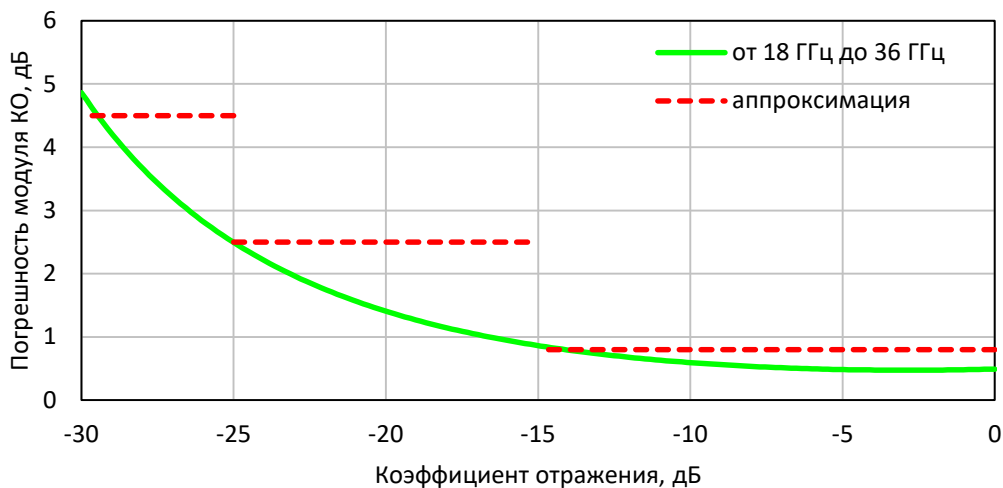
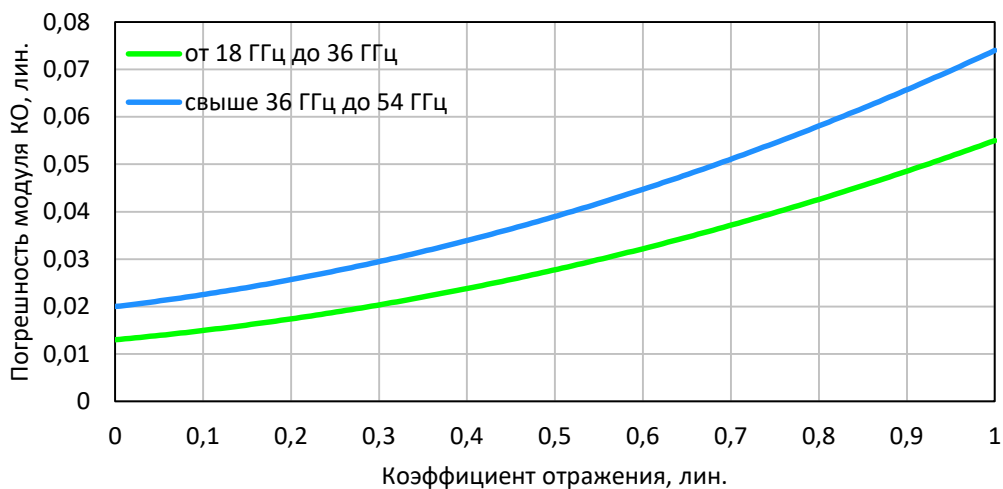
Наименование характеристики	Значение характеристики
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля и фазы коэффициента отражения в диапазоне его значений:	
от 18 ГГц до 36 ГГц	
от минус 15 до 0 дБ	$\pm 0,8$ дБ / $\pm 6^\circ$
от минус 25 до минус 15 дБ	$\pm 2,5$ дБ / $\pm 15^\circ$
от минус 30 до минус 25 дБ	$\pm 4,5$ дБ / $\pm 25^\circ$
свыше 36 ГГц до 54 ГГц	
от минус 15 до 0 дБ	$\pm 1,2$ дБ / $\pm 9^\circ$
от минус 25 до минус 15 дБ	$\pm 4,5$ дБ / $\pm 25^\circ$
от минус 30 до минус 25 дБ	$\pm 9,0$ дБ / $\pm 40^\circ$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля и фазы коэффициента передачи в диапазоне его значений:	
от 18 ГГц до 36 ГГц	
от минус 50 до 0 дБ	$\pm 0,1$ дБ / $\pm 1^\circ$
от минус 70 до минус 50 дБ	$\pm 0,2$ дБ / $\pm 2^\circ$
от минус 90 до минус 70 дБ	$\pm 1,0$ дБ / $\pm 6^\circ$
свыше 36 ГГц до 54 ГГц	
от минус 40 до 0 дБ	$\pm 0,2$ дБ / $\pm 2^\circ$
от минус 60 до минус 40 дБ	$\pm 0,3$ дБ / $\pm 3^\circ$
от минус 80 до минус 60 дБ	$\pm 1,1$ дБ / $\pm 8^\circ$

Наименование характеристики	Значение характеристики
Эффективные параметры:	
от 18 ГГц до 36 ГГц	
направленность, дБ, не менее	38
согласование источника, дБ, не менее	32
согласование нагрузки, дБ, не менее	38
трекинг отражения, дБ	$\pm 0,15$
трекинг передачи, дБ	$\pm 0,10$
свыше 36 ГГц до 54 ГГц	
направленность, дБ, не менее	34
согласование источника, дБ, не менее	30
согласование нагрузки, дБ, не менее	34
трекинг отражения, дБ	$\pm 0,20$
трекинг передачи, дБ	$\pm 0,20$
Изоляция в диапазоне частот, дБ, не более:	
от 18 ГГц до 36 ГГц	минус 110
свыше 36 ГГц до 54 ГГц	минус 100

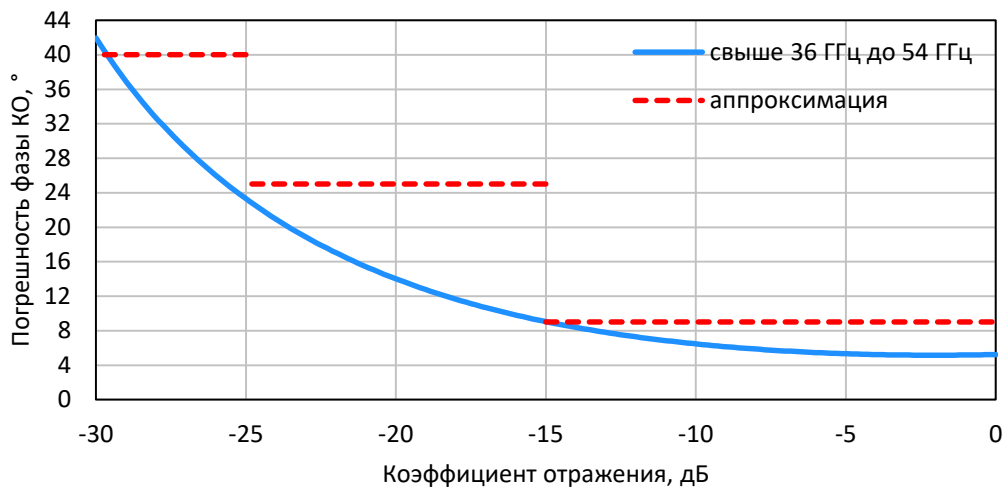
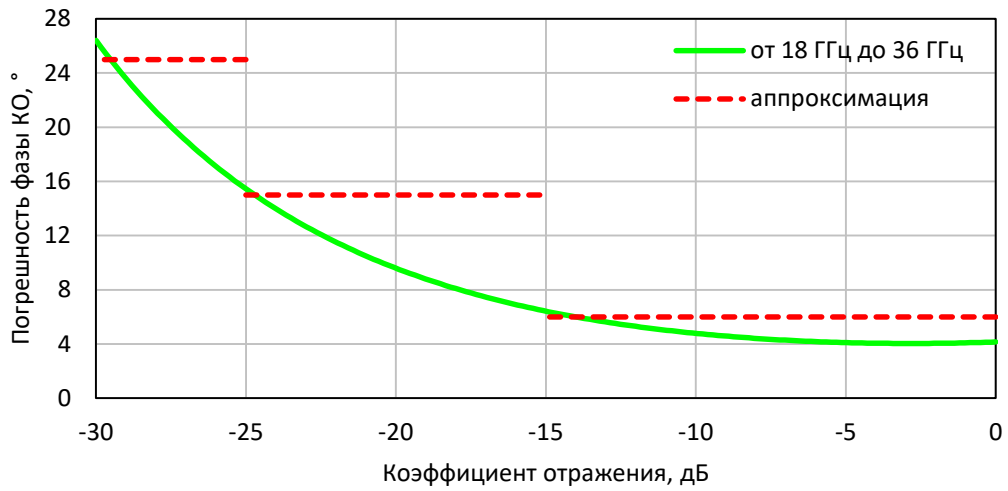
Примечание – Характеристики, указанные в настоящей таблице, являются справочными и предназначены для упрощения расчета погрешности модуля и фазы коэффициентов передачи и отражения во время эксплуатации.

Ниже представлена погрешность измерений модуля и фазы коэффициентов передачи и отражения в графическом виде.

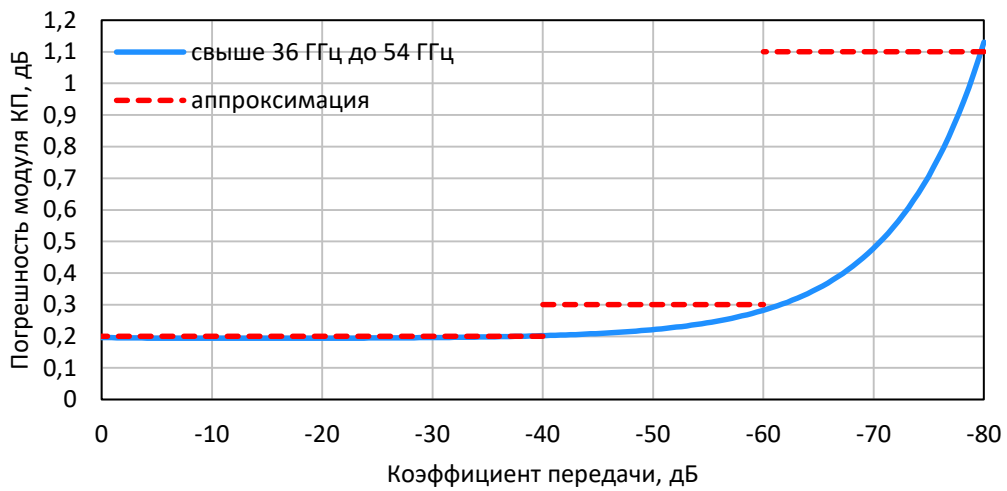
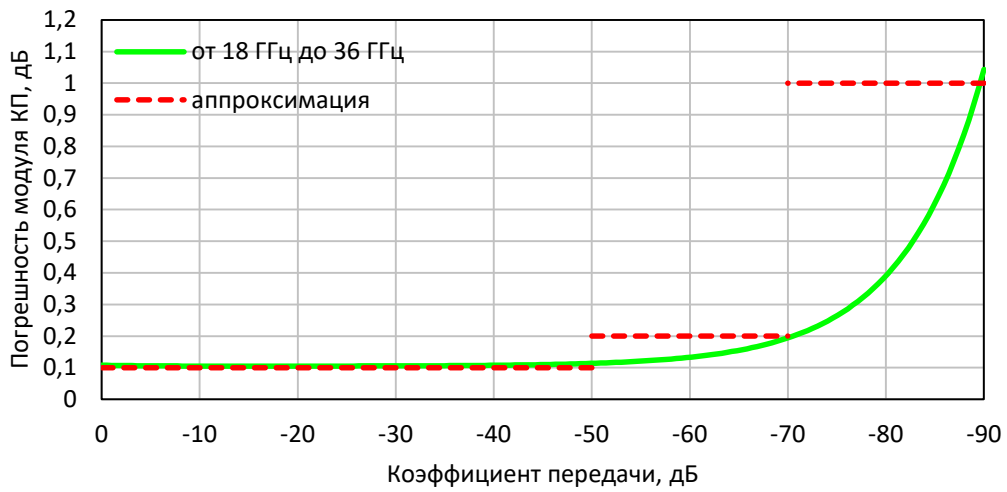
Погрешность измерений модуля коэффициента отражения



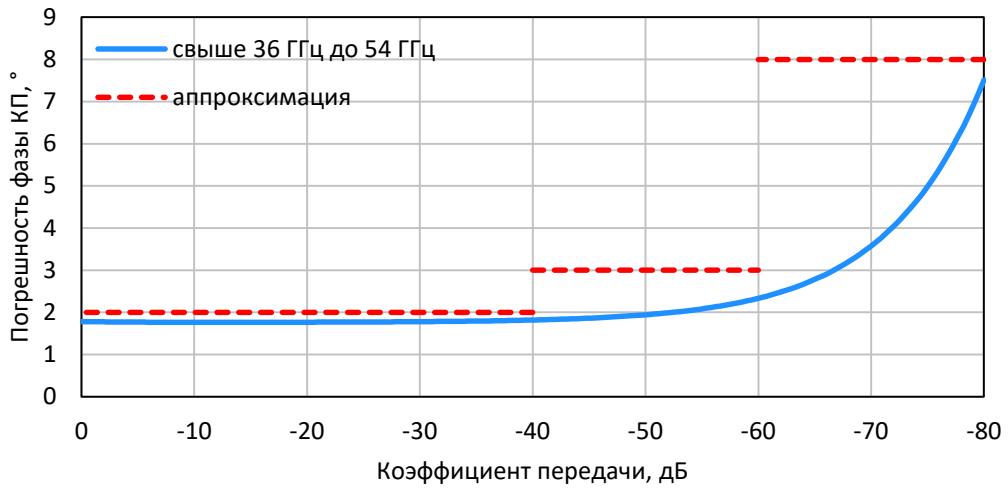
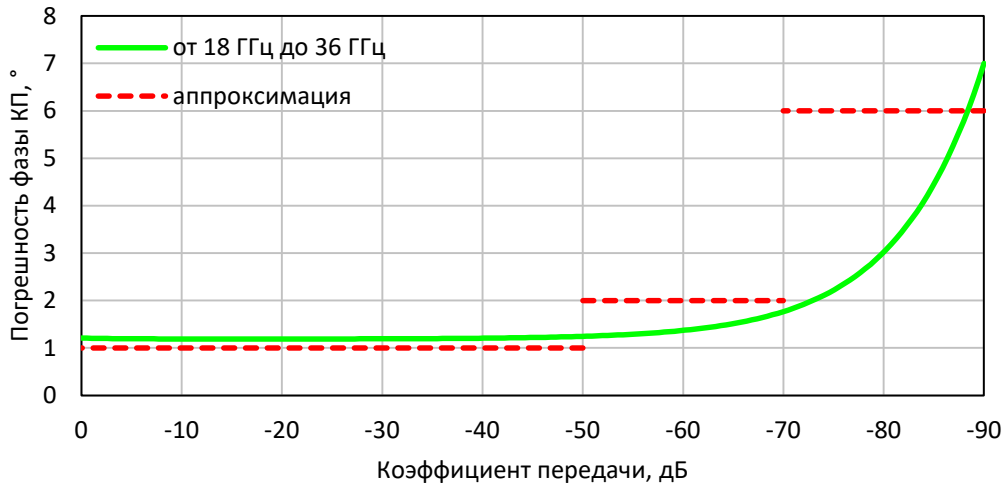
Погрешность измерений фазы коэффициента отражения



Погрешность измерений модуля коэффициента передачи согласованных устройств



Погрешность измерений фазы коэффициента передачи согласованных устройств



2.3.2 Справочные технические характеристики

Таблица 2.17 Справочные технические характеристики

Наименование характеристики	Значение характеристики
Частота	
Минимальный шаг установки частоты, Гц	1
Минимальное время измерения на одной частоте, мкс	10
Количество точек измерения за сканирование	от 2 до 500001
Выходная мощность	
Минимальный шаг изменения выходной мощности, дБ	0,1
Спектр выходного сигнала	
Относительный уровень гармонических составляющих спектра выходного сигнала, дБн, не более	10
Относительный уровень негармонических составляющих спектра выходного сигнала, дБн, не более	10
Динамический диапазон	
Динамический диапазон при полосе пропускания фильтра промежуточной частоты 1 Гц, дБ, не менее	
от 18 ГГц до 36 ГГц	133(140 тип.)
свыше 36 ГГц до 50 ГГц	123
свыше 50 ГГц до 54 ГГц	114
Предельные входные сигналы	
Максимально допустимый уровень входной мощности на измерительном порту, дБм	плюс 23
Максимально допустимое входное напряжение постоянного тока на измерительном порту, В	0

Наименование характеристики	Значение характеристики	Примечание
Вход «RF IN»		
Диапазоны входных частот, ГГц:		
диапазон 1	от 4,5 до 8,0 (x4)	от 18 до 32
диапазон 2	от 4,00 до 6,25 (x8)	от 32 до 50
диапазон 3	от 6,25 до 6,75 (x8)	от 50 до 54
Уровень входной мощности, дБм	от минус 4 до минус 1	
Модуль коэффициента отражения, дБ, не более	минус 15	
Максимально допустимый уровень входной мощности, дБм	плюс 8	
Максимально допустимое входное напряжение постоянного тока, В	0	
Тип соединителя	SMA, розетка	
Вход «LO IN»		
Диапазоны входных частот, ГГц:		
диапазон 1	от 4,5 до 9,0 (x4)	от 18 до 36
диапазон 2	от 4,00 до 6,75 (x8)	от 36 до 54
Уровень входной мощности	минус 6 до минус 3	
Модуль коэффициента отражения, дБ, не более	минус 15	
Максимально допустимый уровень входной мощности, дБм	плюс 8	
Максимально допустимое входное напряжение постоянного тока, В	0	
Тип соединителя	SMA, розетка	

Наименование характеристики	Значение характеристики	Примечание
Выходы «IF REF» и «IF TEST»		
Выходная частота, МГц	15,45	
Максимальный уровень выходной мощности, дБм	0	
Тип соединителя	SMA, розетка	
Требования к компьютеру		
Операционная система	Windows 7 и выше	
Примечания:		
Минимальное время измерения на одной точке зависит от используемого анализатора цепей.		
Уровень гармонических и негармонических составляющих определяется в диапазоне рабочих частот при максимальной выходной мощности.		

2.3.3 Функциональные возможности

Программное обеспечение имеет широкий набор функций. Ниже представлено краткое их описание. Более подробная информация приведена в руководстве по эксплуатации на анализаторы серии Кобальт.

Функциональные возможности разделены на следующие группы:

Общие сведения

Управление источником сигнала

Возможности индикации

Калибровка

Анализ данных

Измерение устройств с переносом частоты

Другие возможности

Удаленное управление

Общие сведения

Измеряемые параметры

S11

при использовании одного модуля

S11,S21,S12,S22

при использовании двух модулей

S11, S12, S13, S14

S21, S22, S23, S24

S31, S32, S33, S34

S41,S42,S43,S44

при использовании четырех модулей

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.

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.
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.
Калибровка	
Калибровка	Калибровка измерительной системы, включающей анализатор цепей, модули расширения частотного диапазона, кабели и переходы, позволяет значительно снизить ошибки измерения.
Виды калибровок	Существует поддержка различных видов калибровок, отличающиеся по сложности выполнения и по погрешности измерений: <ul style="list-style-type: none"> • нормализация отражения и передачи; • полная однопортовая калибровка; • однонаправленная двухпортовая калибровка; • полная 2/3/4-портовая калибровка; • 2/3/4-портовая TRL калибровка.

Механические наборы калибровочных мер	Пользователь может выбирать из заранее predetermined наборов калибровочных мер различных производителей или создавать определения собственных калибровочных мер.
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.
Анализ данных	
Преобразование импеданса порта	Функция преобразования данных, измеренных при значении собственного волнового сопротивления порта 50 Ω , 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. 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.
Балансные измерения	Функция балансных измерений преобразует небалансные S-параметры в их балансные аналоги, путём объединения произвольной пары портов в логический балансный порт. Поддерживаются четыре конфигурации измеряемых устройств с различными комбинациями балансных и небалансных портов.
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 приёмника 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.
Другие возможности	
Удобный графический интерфейс	Привычный интерфейс, основанный на операционной системе Windows.

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,
TCP/IP Socket

Программное обеспечение анализатора цепей, работающее на компьютере под управлением ОС Windows, поддерживает следующие протоколы управления и обмена данными: COM – сервер, TCP/IP Socket – сервер. По возможностям управления протоколы одинаковы. Пользователь может выбрать любой удобный для него протокол. COM – сервер предоставляет программный интерфейс для вызова своих функций со стороны программ пользователя. TCP/IP Socket – сервер использует обмен текстовыми командами, соответствующими стандарту SCPI. SCPI является стандартом де-факто для управления измерительным оборудованием в мире на данный момент.

2.4 Устройство и принцип работы

Описание, представленное в настоящем разделе, ориентировано на модули расширения частотного диапазона и совместную их работу с анализаторами. Устройство и принцип работы отдельно взятого анализатора цепей без подключения модулей приведено в руководстве по эксплуатации на него.

Модули являются сверхкомпактными устройствами. Они состоят из следующих основных элементов: умножителей частот измерительного и гетеродинного сигналов, широкополосного усилителя мощности с автоматической регулировкой, направленных ответвителей и преобразователей частоты. Также в состав входят платы питания и управления. Структурная схема представлена на рисунке 2.7.

Измерительная система комплексных коэффициентов передачи и отражения (векторный анализатор цепей C4209/TFE1854, C4409/TFE1854, C4220/TFE1854, C4420/TFE1854) включает:

- анализатор цепей векторный (см. таблицу 2.2);
- модуль (модули) расширения частотного диапазона;
- кабели для подключения модуля к анализатору;
- измерительные кабели и переходы для подключения исследуемых устройств;
- средства калибровки.

Управление системы осуществляется программным обеспечением анализатора. Автономной работы модулей не предусмотрено, без подключения к анализатору они не могут быть использованы для проведения измерений.

Измерительный блок анализатора цепей обеспечивает формирование испытательного и гетеродинного сигналов в определенном диапазоне частот и мощностей. Сигналы поступают в модуль расширения частотного диапазона по соединительным кабелям RF и LO из состава модуля. Схемы подключения приведены на рисунках 2.8 и 2.9.

Модуль расширения частотного диапазона

Вход измерительного сигнала «RF IN»

Диапазоны входных частот, ГГц:

диапазон 1	от 4,5 до 8,0 (x4)	от 18 до 32
диапазон 2	от 4,00 до 6,25 (x8)	от 32 до 50
диапазон 3	от 6,25 до 6,75 (x8)	от 50 до 54

Уровень входной мощности, дБм

минус 4 до минус 1

Модуль расширения частотного диапазона

Вход гетеродинного сигнала «LO IN»

Диапазоны входных частот, ГГц:

диапазон 1	от 4,5 до 9,0 (x4)	от 18 до 36
диапазон 2	от 4,00 до 6,75 (x8)	от 36 до 54

Уровень входной мощности

минус 6 до минус 3

Измерительный (испытательный) сигнал, поступающий с анализатора, умножается в модуле по частоте, фильтруется и масштабируется по уровню в зависимости от настроек пользователя. Для обеспечения заданного уровня мощности на выходе модуля и стабильности его поддержания во времени используется система автоматической регулировки с глубиной более 20 дБ.

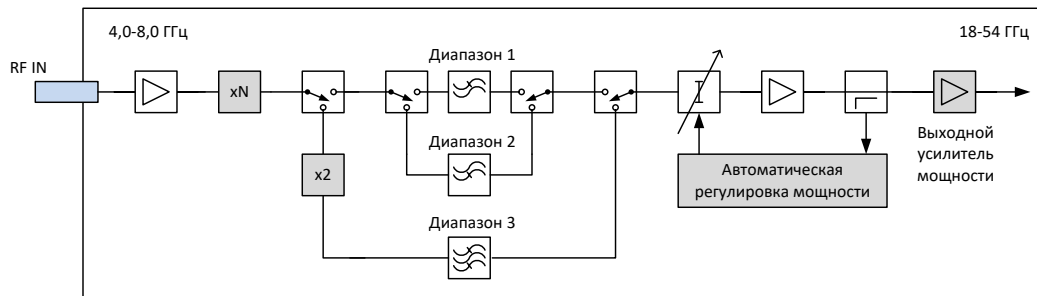


Рисунок 2.3 Группа формирования высокочастотного измерительного сигнала с регулировкой выходной мощности

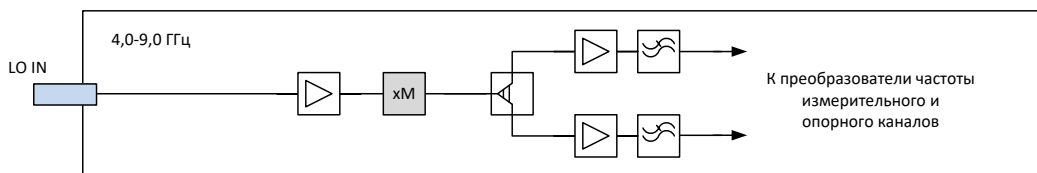


Рисунок 2.4 Группа формирования гетеродинного сигнала

Сформированный высокочастотный сигнал поступает на измерительный порт через направленные ответвители. С помощью направленных ответвителей осуществляется выделение падающего, прошедшего через исследуемое устройство и отражённого от его входов сигналов. Данные сигналы поступают на преобразователи частоты измерительного и опорного каналов. Для преобразования используется сигнал гетеродина с анализатора цепей. После преобразования сигналы промежуточной частоты усиливаются до заданного уровня и поступают на выход модуля, где с помощью соединительных кабелей IF передаются на вход анализатора.

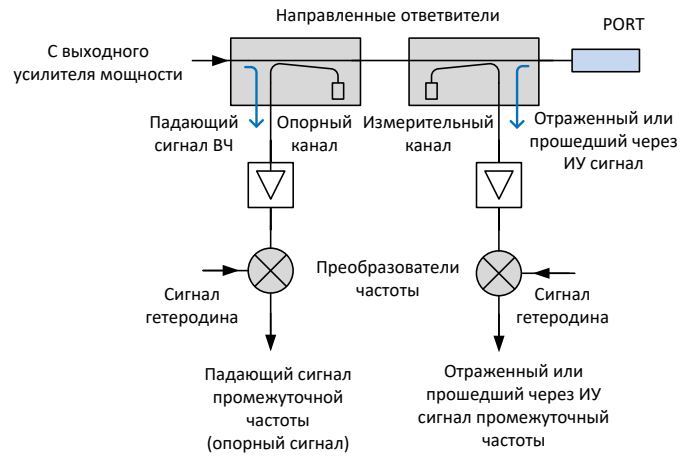


Рисунок 2.5 Группа выделения и преобразования сигналов

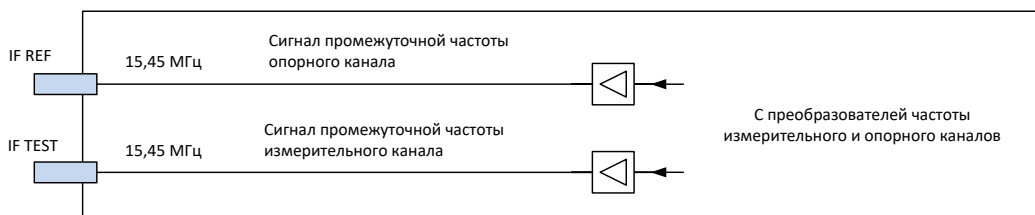


Рисунок 2.6 Группа формирования сигналов промежуточной частоты

Анализатор, в свою очередь, осуществляет цифровую обработку. Окончательный расчет и отображение результатов измерений комплексных коэффициентов передачи и отражения выполняет внешний компьютер с установленным программным обеспечением. Принцип действия основан на измерении отношения амплитуд и разности фаз сигнала источника (падающего сигнала) и сигналов прошедшего или отраженного от исследуемого устройства.

Модуль расширения частотного диапазона

Выходы промежуточной частоты «IF REF» и «IF TEST»

Выходная частота, МГц	15,45
Максимальный уровень выходной мощности, дБм	0

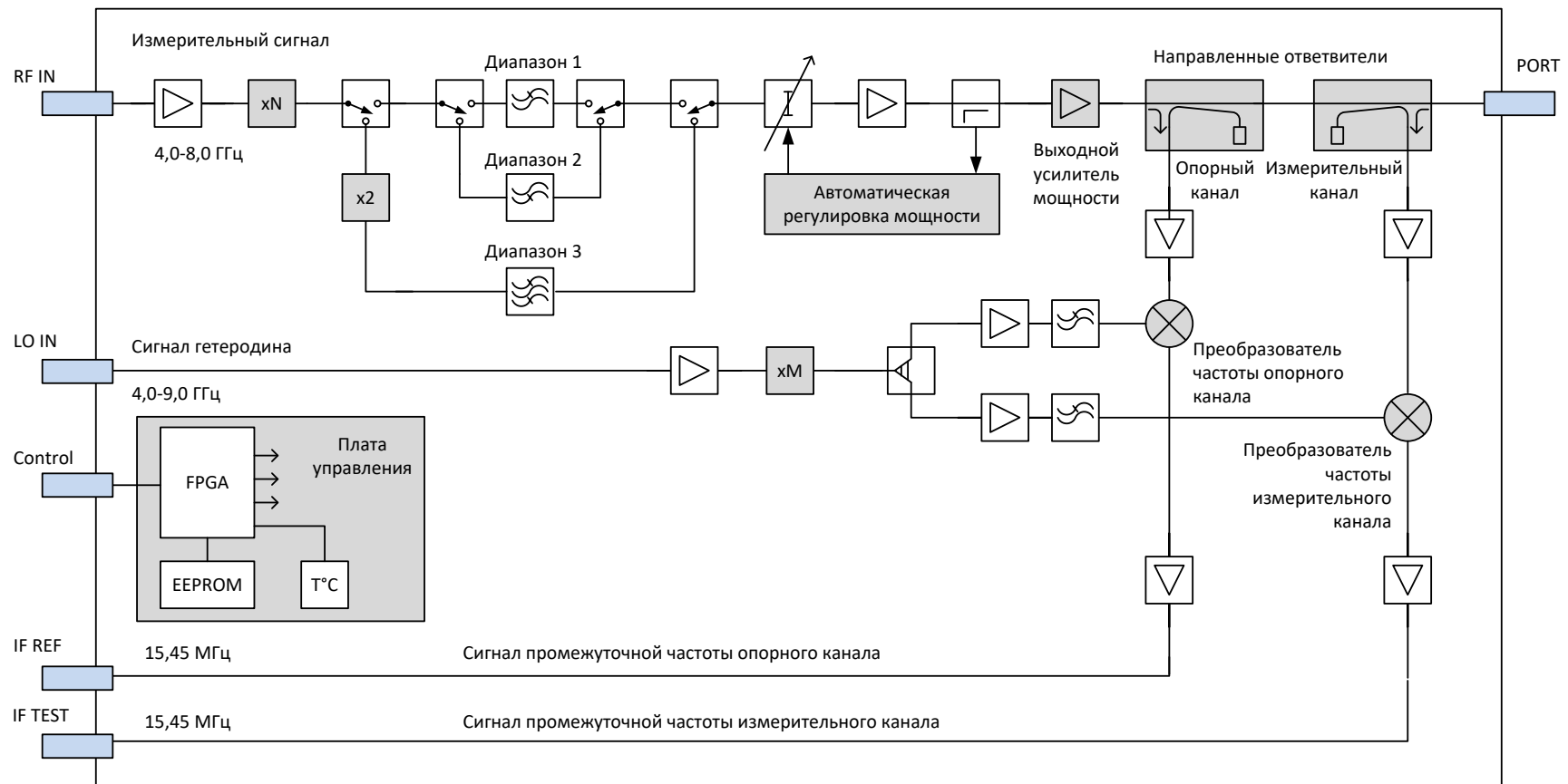


Рисунок 2.7 Структурная схема

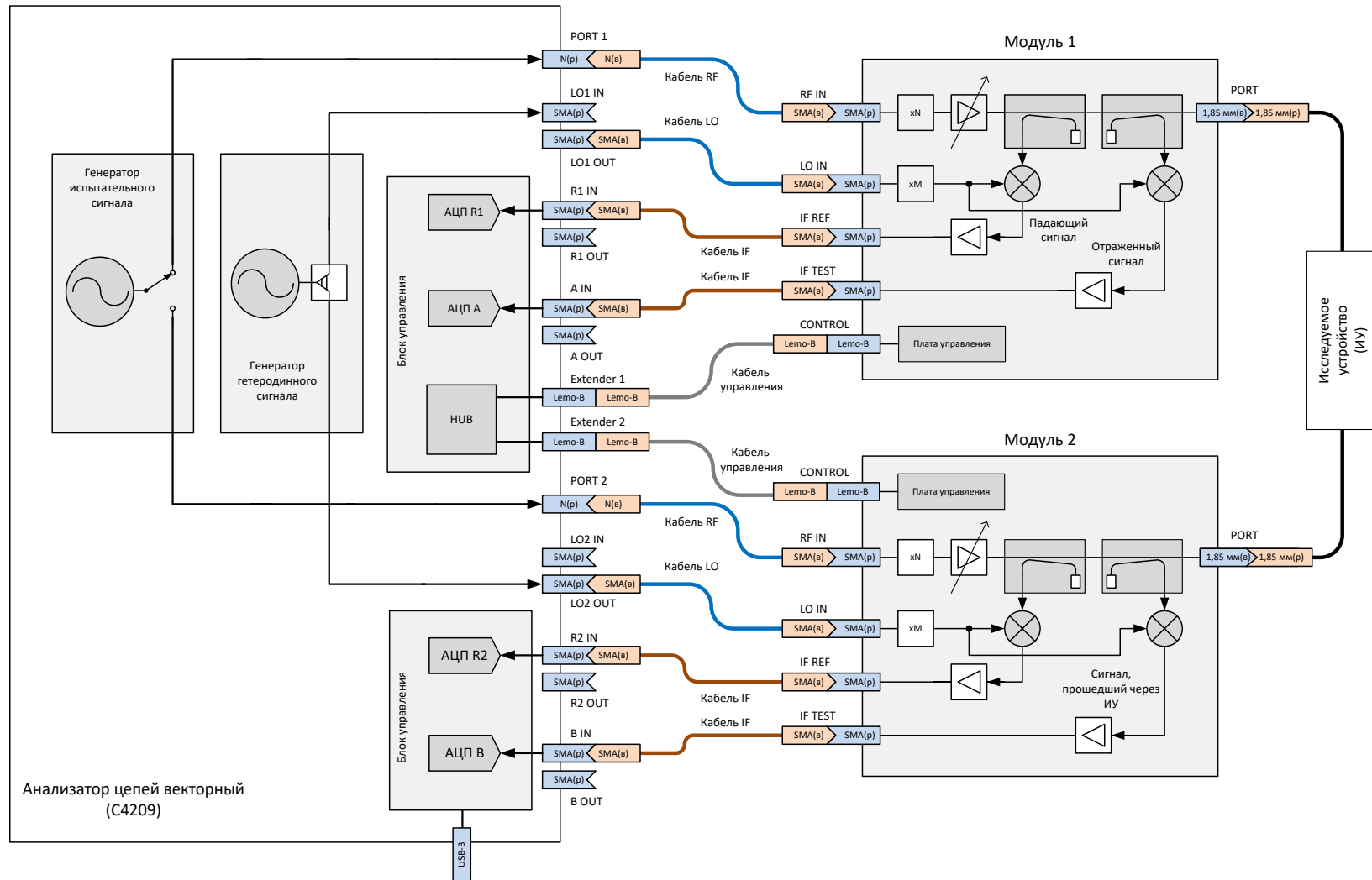


Рисунок 2.8 Схема подключения модуля к анализатору

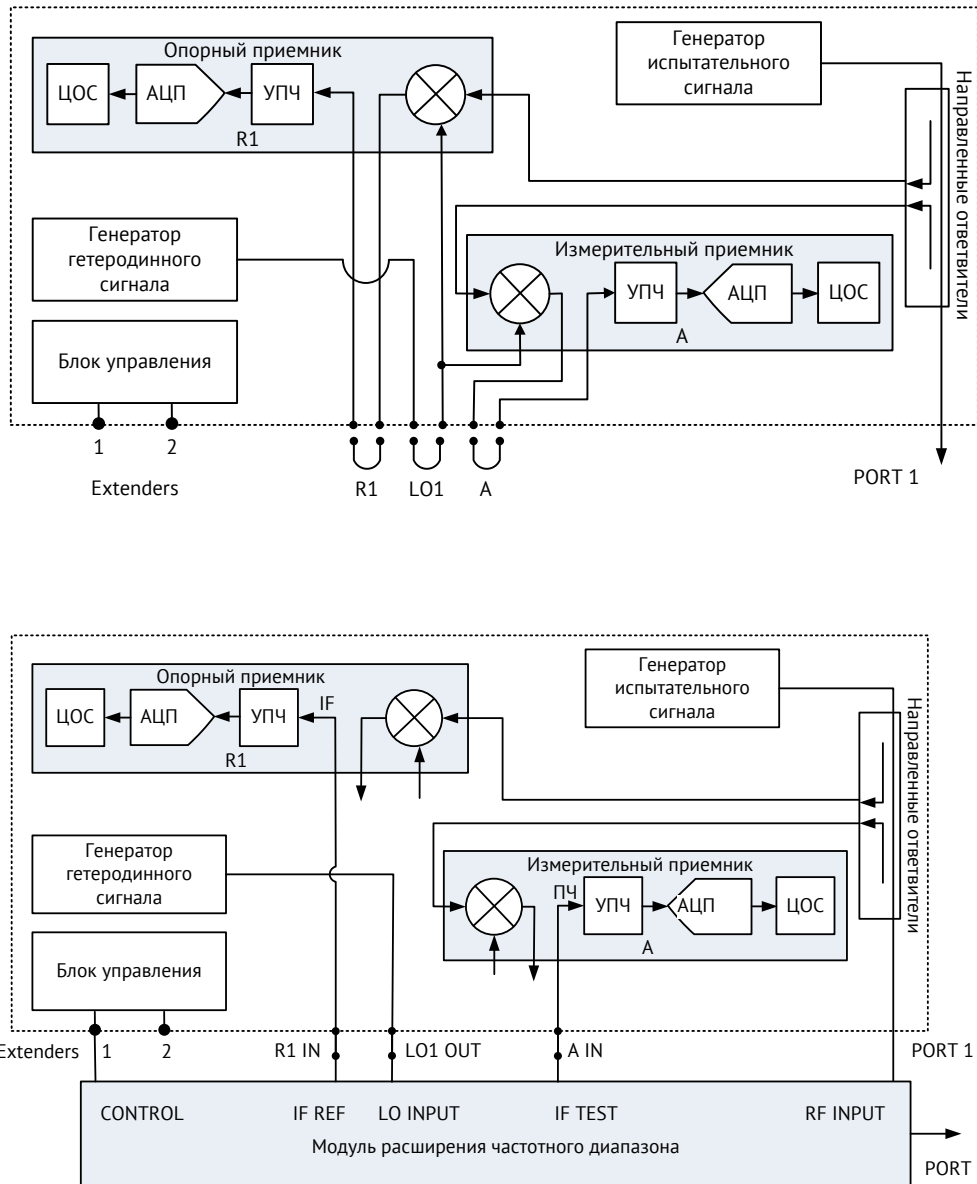


Рисунок 2.9 Схема подключения модуля к анализатору

Электропитание и управление модулей осуществляется непосредственно с анализатора цепей. Количество одновременно работающих модулей в системе зависит от используемой модели анализатора.

Измерительные кабели предназначены для подключения многопортовых исследуемых устройств к портам модуля. Они должны обладать малой амплитудной и фазовой нестабильностью при изгибе. Для предотвращения поломки кабелей и улучшения повторяемости измерений следует использовать переходы. Средства калибровки предназначены для выполнения штатной процедуры, позволяющей устранить неидеальность измерительного тракта при определении комплексных коэффициентов передачи и отражения и существенно снизить погрешность их измерений.

3 Подготовка к работе

3.1 Общие положения

Если устройства из комплекта поставки (см. таблицы 2.4 и 2.5) находились в условиях, отличных от условий эксплуатации, выдержать их в условиях эксплуатации не менее двух часов.

Распаковать устройства, если они находятся в упаковке или транспортной таре, и установить на рабочем месте.

Площадь поверхности рабочего стола должна быть достаточной для размещения на ней всех устройств.

Установить анализатор совместно с модулями на ровную поверхность рабочего стола так, чтобы обеспечивался свободный доступ к соединителям. Подключаемые устройства должны располагаться на рабочей поверхности стола.

Максимальное удаление модуля от анализатора цепей зависит от длины используемых соединительных кабелей RF, LO, IF. Перед эксплуатацией рекомендуется проверить длины указанных кабелей.

При эксплуатации вентиляционные отверстия на корпусе анализатора и модуля не должны закрываться предметами. Осмотр разрешается проводить только при отключении электропитания.

На рабочем месте должны быть приняты меры по обеспечению защиты от воздействия статического электричества.

Провести внешний осмотр устройств.

Пункты 3.2 и 3.3 относятся непосредственно к модулю расширения частотного диапазона. Аналогичная информация об анализаторе представлена в его руководстве по эксплуатации.

3.2 Распаковывание и повторное упаковывание

Упаковка модуля обеспечивает защиту от климатических и механических повреждений при погрузочно-разгрузочных работах, транспортировании и хранении.

Для упаковывания модуля используется потребительская и транспортная тары.

В качестве индивидуальной потребительской тары используются коробка из гофрированного картона и пакеты из полиэтиленовой пленки.

Транспортная тара представляет собой ящик из гофрированного картона с амортизационными вкладышами.

3.2.1 Распаковывание

Распаковывание проводить в указанной последовательности:

- расположить ящик в соответствии с манипуляционными знаками;
- открыть ящик, извлечь и ознакомиться с сопроводительной документацией;
- извлечь из ящика картонную коробку;
- открыть коробку и аккуратно извлечь полиэтиленовые пакеты с модулем (модулями), кабелями и эксплуатационной документацией;
- снять пакеты и провести внешний осмотр:
 - проверить наличие и целостность пломб предприятия-изготовителя;
 - проверить отсутствие глубоких царапин и вмятин на корпусе модуля, следов коррозии металлических деталей и следов воздействия жидкостей или агрессивных паров, целостность лакокрасочных покрытий, сохранность маркировки;
 - провести визуальный контроль целостности соединителей, расположенных на передней и задней панели;
 - проверить отсутствие механических повреждений (вмятин, забоин, отслаивания покрытия и т. д.) на контактных и токонесущих поверхностях соединителей измерительного порта;
 - проверить целостность кабелей.
- после распаковывания рекомендуется картонную коробку совместно с амортизационным материалом поместить в ящик для возможного дальнейшего использования (постановке на хранение, или отправке на ремонт).

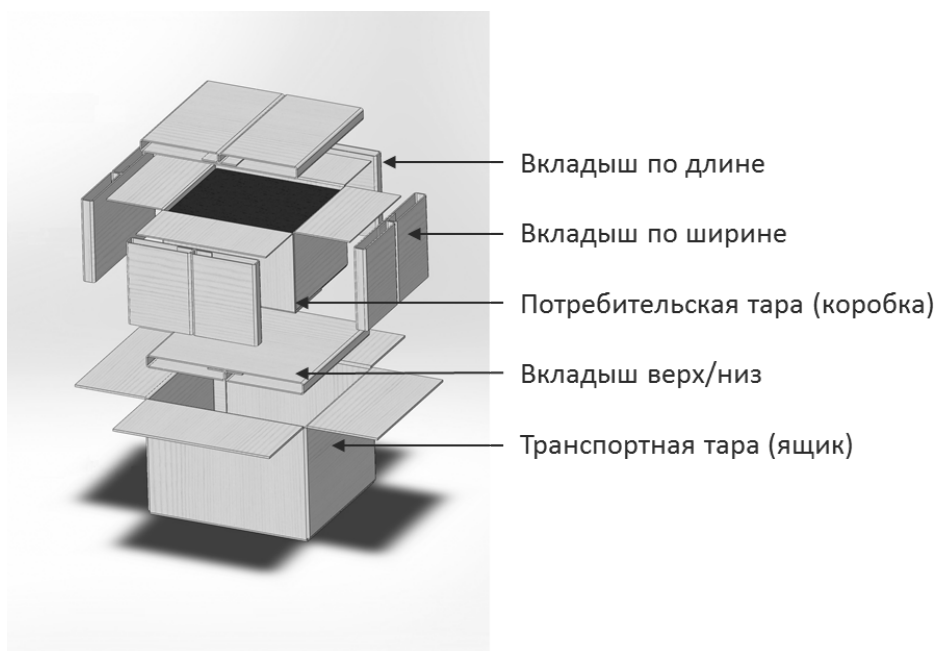


Рисунок 3.1 Упаковка

3.2.2 Упаковывание

Упаковывание должно производиться в закрытом помещении с температурой воздуха не ниже 15 °С и относительной влажностью до 80 %.

Перед упаковыванием необходимо провести внешний осмотр:

- проверить наличие и целостность пломб предприятия-изготовителя;
- если упаковывание проводится перед хранением, проверить отсутствие глубоких царапин и вмятин на корпусе модуля, следов коррозии металлических деталей и следов воздействия жидкостей или агрессивных паров, целостность лакокрасочных покрытий, сохранность маркировки;
- провести визуальный контроль целостности соединителей, расположенных на передней и задней панели;
- проверить отсутствие механических повреждений (вмятин, забоин, отслаивания покрытия и т. д.) на контактных и токонесущих поверхностях соединителей;
- проверить целостность кабелей.

Упаковывание проводить в следующей последовательности:

- поместить модуль и кабели в полиэтиленовые пакеты соответствующего размера;
- добавить в пакет с модулем пакетики с мелкопористым силикагелем массой приблизительно 10 г;
- пакет с модулем вставить в коробку со специальным вкладышем из пенополиэтилена, выполняющим амортизационную функцию;
- закрыть модуль вторым вкладышем из пенополиэтилена;

Примечание	В качестве амортизационного материала, заполняющего пространство между стенками коробки и модуля, может быть использован другой материал, обеспечивающий фиксацию модуля в таре и не вызывающий коррозию.
------------	---

- вложить кабели;
- для заполнения пустоты в верхней части коробки, при необходимости, положить мягкий вкладыш;
- закрыть коробку и проклеить швы прозрачным скотчем (клейкой лентой);
- поместить коробку в транспортную тару с предварительно установленными со всех сторон амортизационными вкладышами из гофрированного картона;

Примечание	Если в качестве транспортной тары используется оригинальная тара предприятия-изготовителя, то для ее ориентации используйте нанесенные манипуляционные знаки.
------------	---

- сверху положить дополнительный вкладыш из гофрированного картона для заполнения пустоты;
- заполнить необходимую сопроводительную документацию и поместить ее в полиэтиленовый пакет (прозрачный файл или мультифору);
- вложить сопроводительную документацию в транспортную тару;
- закрыть ящик и проклеить швы прозрачным скотчем (клеякой лентой);
- обмотать ящик шпагатом сверху вниз, в двух местах каждую сторону; рекомендуется, под шпагат на углы ящика установить уголки и каждую ленту шпагата закрепить скобой;
- нанести на ящик маркировку:
 - наименование предприятия-изготовителя;
 - наименование и серийный номер модуля;
 - манипуляционные знаки «Хрупкое. Осторожно!», «Беречь от влаги» и «Верх», если используется не оригинальная транспортная тара.

3.3 Внешний осмотр

Внешний осмотр проводится для выявления видимых дефектов модуля и подключаемых к нему устройств.

Внешний осмотр проводить в следующей последовательности:

- При первичном осмотре проверить наличие и целостность пломб предприятия-изготовителя, отсутствие следов вскрытия корпуса модуля, проверить целостность кабелей.
- Проверить отсутствие глубоких царапин и вмятин на корпусе модуля, следов коррозии металлических деталей и следов воздействия жидкостей или агрессивных паров, целостность лакокрасочных покрытий, сохранность маркировки. При обнаружении несоответствий дальнейшая работа с модулем запрещается.
- При наличии, провести визуальный контроль целостности устройств из комплекта принадлежностей, к которым относятся измерительные кабели, переходы и средства калибровки.
- Провести визуальный контроль целостности и чистоты коаксиальных соединителей всех используемых устройств. При обнаружении посторонних частиц провести чистку их соединителей.

- Проверить отсутствие механических повреждений (вмятин, забоин, отслаивания покрытия и т. д.) на контактных и токонесущих поверхностях соединителей устройств.



При обнаружении механических повреждений соединителя какого-либо устройства, дальнейшая работа с этим устройством запрещается. Устройство бракуется и изолируется с целью предотвращения его применения и повреждения годных соединителей других устройств.

4 Порядок работы

4.1 Расположение органов управления

Модуль расширения частотного диапазона



Рисунок 4.1 Передняя панель



Рисунок 4.2 Задняя панель

Анализатор цепей векторный C4209

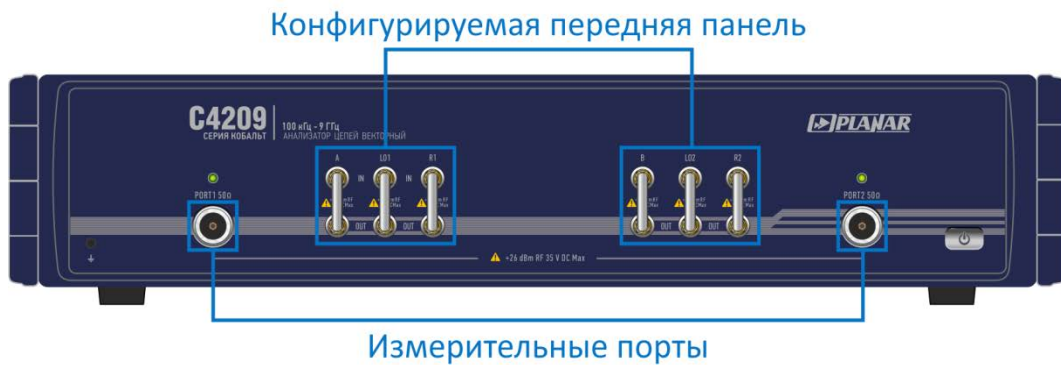


Рисунок 4.3 Передняя панель

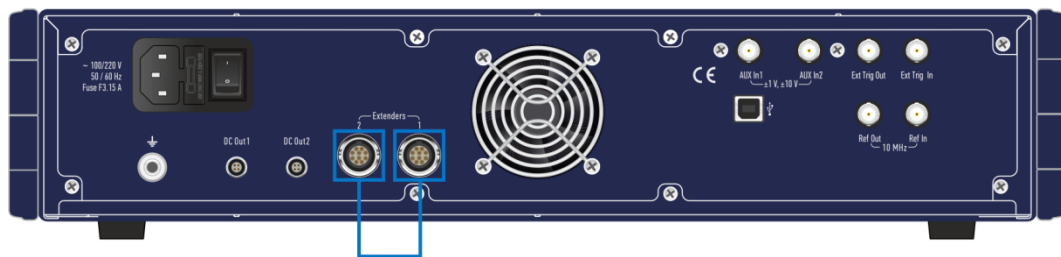


Рисунок 4.4 Задняя панель

Анализатор цепей векторный С4409



Рисунок 4.5 Передняя панель



Рисунок 4.6 Задняя панель

Анализатор цепей векторный С4220



Рисунок 4.7 Передняя панель



Рисунок 4.8 Задняя панель

Анализатор цепей векторный С4220

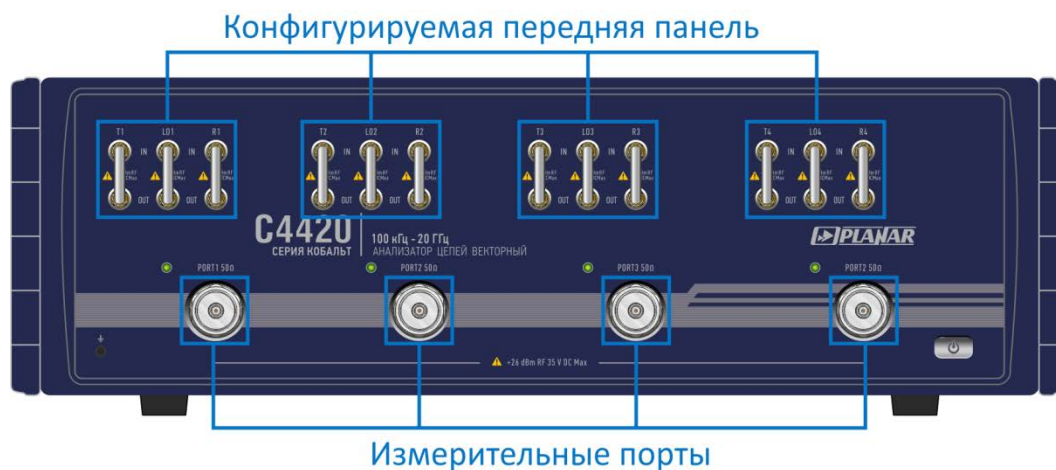


Рисунок 4.9 Передняя панель

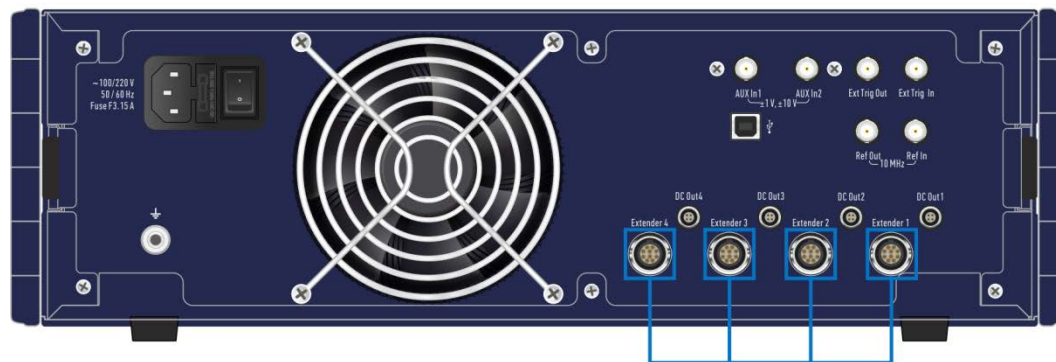
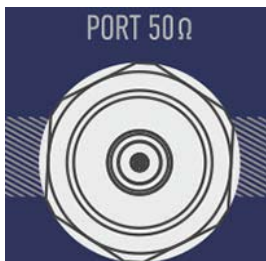


Рисунок 4.10 Задняя панель

4.1.1 Передняя панель модуля

Измерительный порт



Измерительный порт выступает как в качестве источника испытательного радиочастотного сигнала, так и в качестве приёмника сигнала от исследуемого устройства.

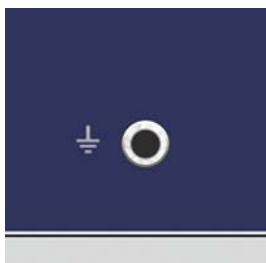
При подключении к одному измерительному порту возможно измерение характеристик отражения исследуемого устройства.

При подключении к 2/3/4 измерительным портам возможно измерение всех элементов матрицы S-параметров.

Внимание!

Превышение максимальной входной мощности радиочастотного сигнала или максимального постоянного напряжения, указанных на передней панели, может привести к выходу модуля из строя.

Клемма заземления

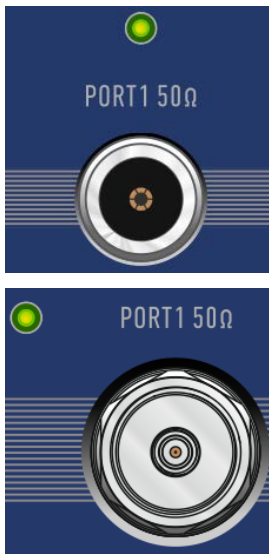


Для предотвращения повреждений от электростатического разряда рекомендуется соединить клемму заземления с корпусом исследуемого устройства.

Дополнительно подобное соединение выравнивает потенциалы между корпусом модуля и корпусом, к примеру, активного устройства с внешним электропитанием для исключения повреждения входных цепей обоих устройств.

4.1.2 Передняя панель анализатора

Измерительные порты со светодиодными индикаторами



Измерительные порты анализатора цепей выступают в качестве источника испытательного сигнала.

Диапазон частот и уровень мощности выходного сигнала, требуемые для качественной работы модуля, представлены в таблице 2.17.

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

Конфигурируемая передняя панель (перемычки)



Конфигурируемая передняя панель предназначена для подключения внешних модулей расширения частотного диапазона.

«LO OUT» – выход источника гетеродинного сигнала;

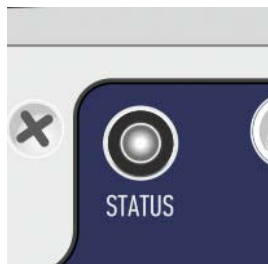
«R IN» – вход опорного приемника, цифра в названии (R1, R2...) отражает номер порта, к которому относится приемник;

«A (B или T) IN» – вход измерительного приемника, цифра в названии (T1, T2...) отражает номер порта, к которому относится приемник.

Схемы подключения модуля к анализатору с описанием всех используемых сигналов приведены в 4.2.

4.1.3 Задняя панель модуля

Индикатор состояния



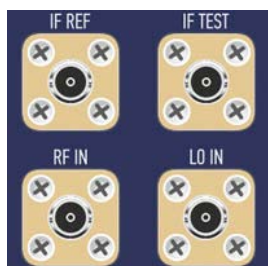
Индикатор отражает наличие электропитания на входе модуля расширения частотного диапазона.

Соединитель для подключения кабеля управления



Соединитель для подключения кабеля управления, через который осуществляется электропитание и управление модуля расширения частотного диапазона от анализатора цепей.

Группа соединителей RF IN, LO IN, IF REF, IF TEST



«RF IN» – вход источника испытательного сигнала;
«LO IN» – вход источника гетеродинного сигнала;
«IF REF» – выход сигнала промежуточной частоты опорного канала;
«IF TEST» – выход сигнала промежуточной частоты измерительного канала.

Схемы подключения модуля к анализатору с описанием всех используемых сигналов приведены в разделе 4.2.

Внимание!

Превышение максимальной входной мощности сигналов или максимального постоянного напряжения, указанных на задней панели, может привести к выходу модуля из строя.

4.1.4 Задняя панель анализатора

Соединитель для подключения кабеля управления

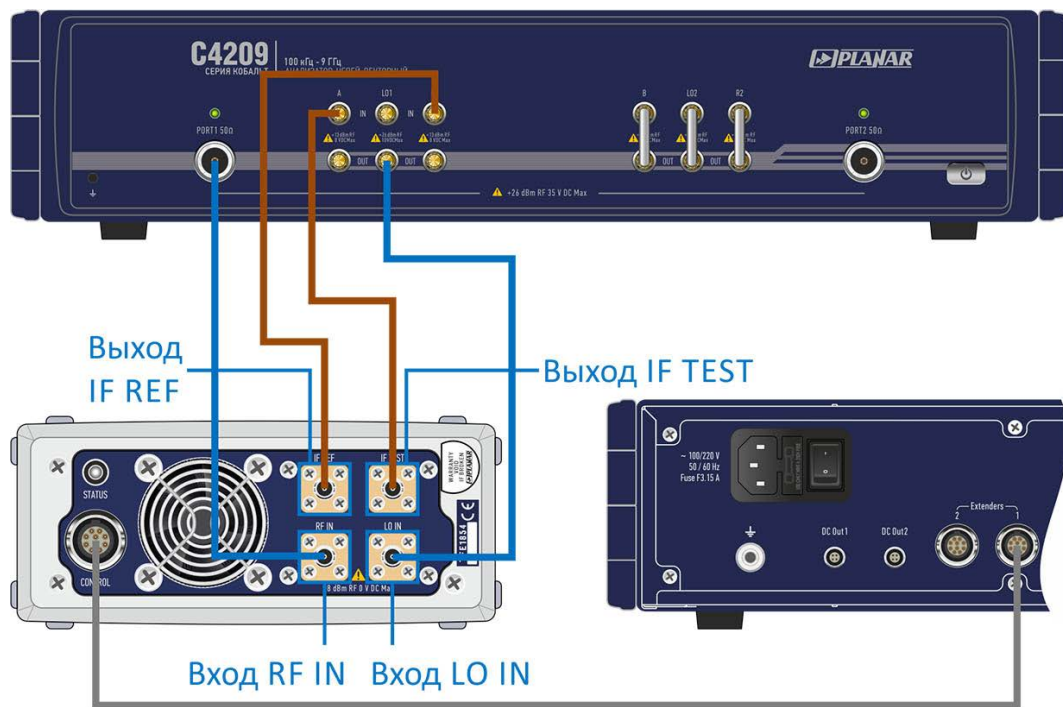


Соединитель для подключения кабеля управления, через который осуществляется электропитание и управление модуля расширения частотного диапазона от анализатора цепей.

Электропитание модулей осуществляется напряжением постоянного тока.

4.2 Схемы подключения

Схема подключения к анализатору цепей векторному C4209



Состав измерительной системы

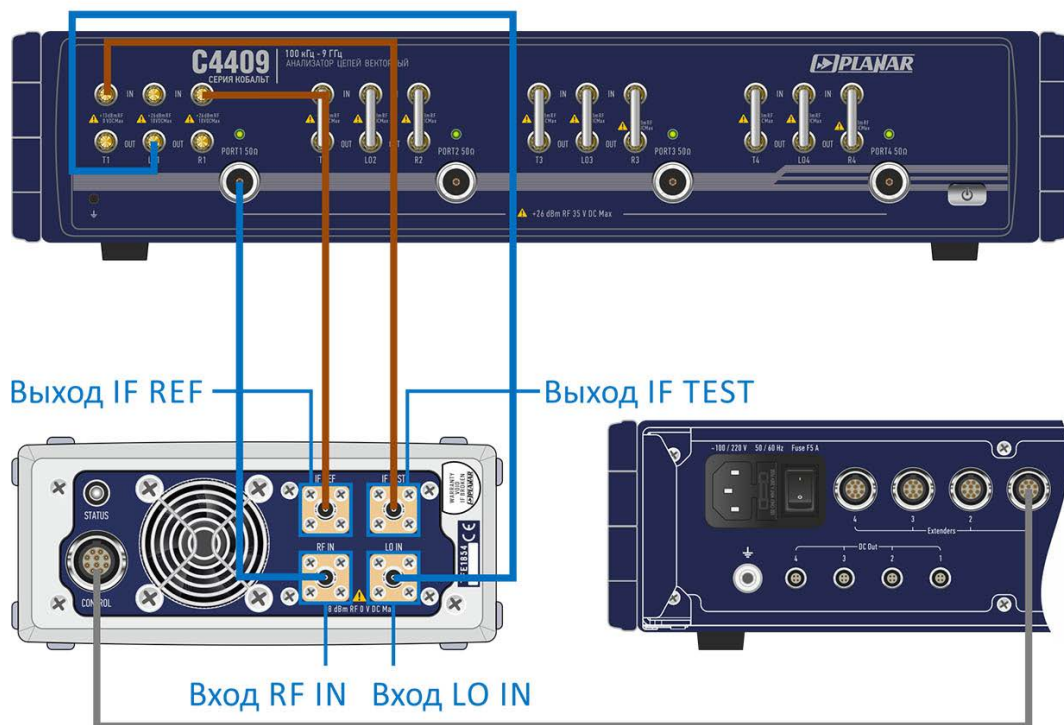
- Анализатор цепей векторный C4209
- Программное обеспечение S2VNA
- 1 или 2 модуля расширения частотного диапазона
- 2 кабеля RF (N, вилка – SMA, вилка)
- 2 кабеля LO (SMA, вилка – SMA, вилка)
- 4 кабеля IF (SMA, вилка – SMA, вилка)
- 2 кабеля управления
- Кабели питания и USB для анализатора
- Компьютер
- Набор мер, измерительные кабели, переходы

Соединение

Модуль	Анализатор
	PORT 1
	PORT 2
RF IN	LO 1 OUT
	LO 2 OUT
LO IN	R1 IN
	R2 IN
IF REF	A IN
	B IN
IF TEST	

Рисунок 4.11

Схема подключения к анализатору цепей векторному С4409



Состав измерительной системы

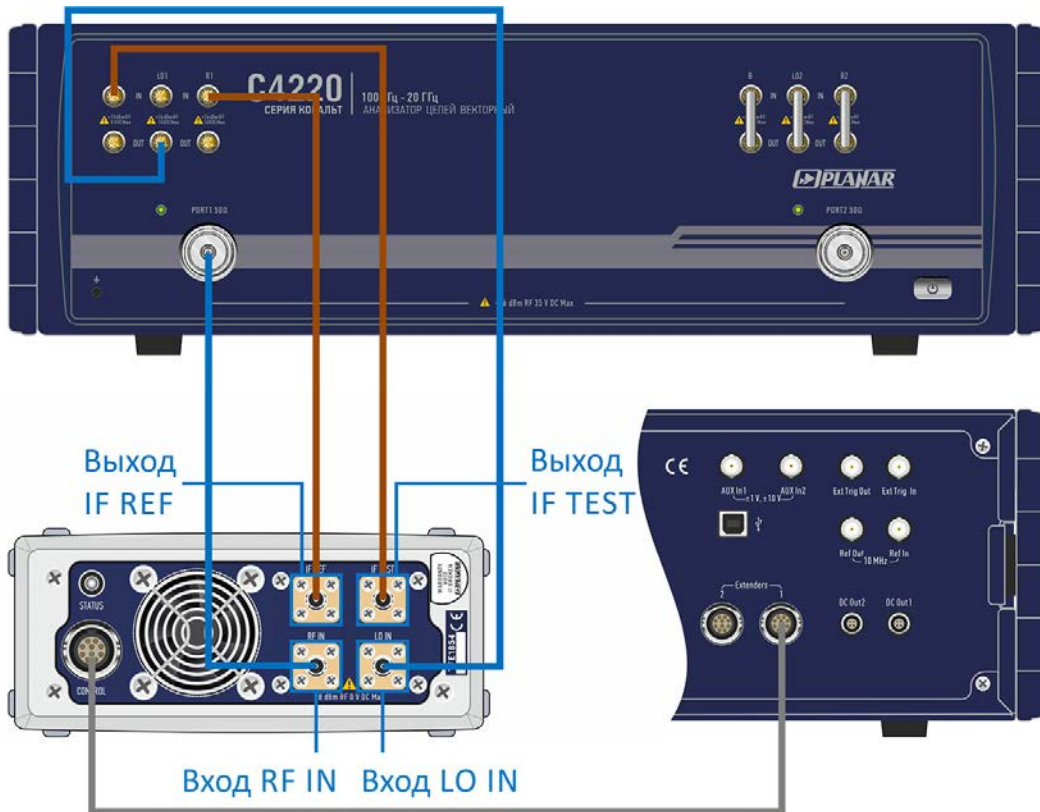
Анализатор цепей векторный С4409
 Программное обеспечение S4VNA
 1, 2, 3, 4 модуля расширения частотного диапазона
 4 кабеля RF (N, вилка – SMA, вилка)
 4 кабеля LO (SMA, вилка – SMA, вилка)
 8 кабелей IF (SMA, вилка – SMA, вилка)
 4 кабеля управления
 Кабели питания и USB для анализатора
 Компьютер
 Набор мер, измерительные кабели, переходы

Соединение

Модуль	Анализатор
	PORT 1 PORT 2
RF IN	PORT 3 PORT 4
LO IN	LO 1 OUT LO 2 OUT LO 3 OUT LO 4 OUT
IF REF	R1 IN R2 IN R3 IN R4 IN
IF TEST	T1 IN T2 IN T3 IN T4 IN

Рисунок 4.12

Схема подключения к анализатору цепей векторному C4220



Состав измерительной системы

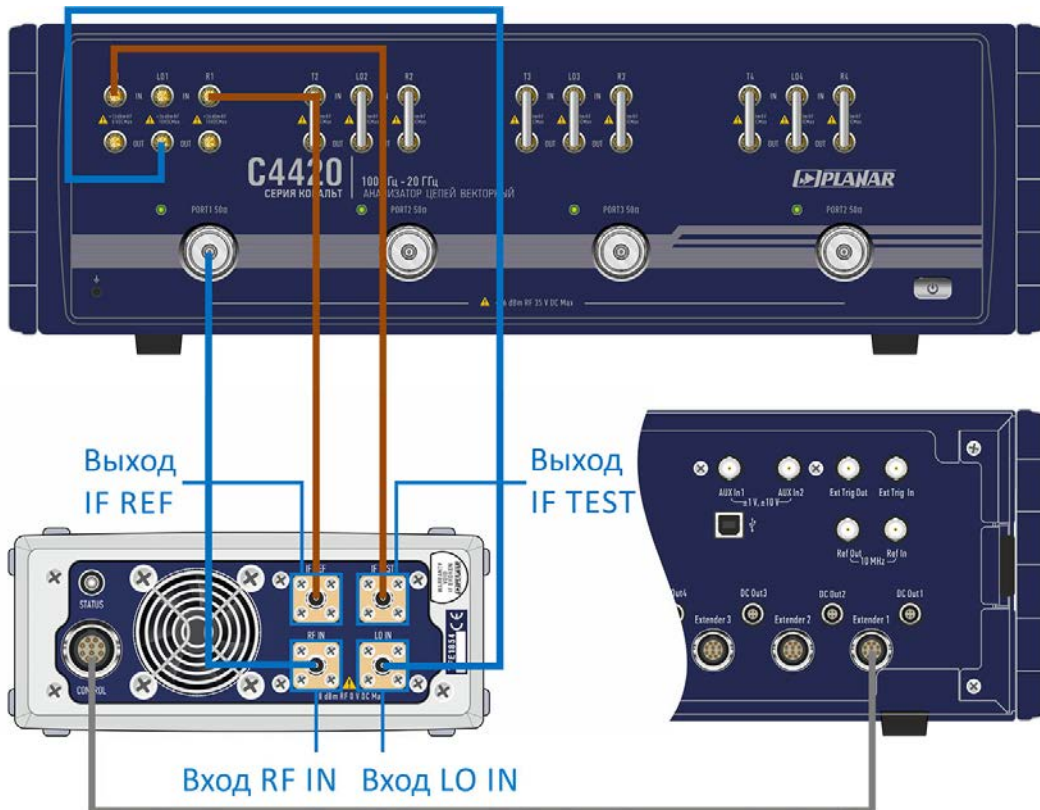
Соединение

- Анализатор цепей векторный C4220
- Программное обеспечение S2VNA
- 1 или 2 модуля расширения частотного диапазона
- 2 кабеля RF (SMA, вилка – SMA, вилка)
- 2 кабеля LO (SMA, вилка – SMA, вилка)
- 4 кабеля IF (SMA, вилка – SMA, вилка)
- 2 кабеля управления
- Кабели питания и USB для анализатора
- Компьютер
- Набор мер, измерительные кабели, переходы

Модуль	Анализатор
RF IN	PORT 1
	PORT 2
LO IN	LO 1 OUT
	LO 2 OUT
IF REF	R1 IN
	R2 IN
IF TEST	A IN
	B IN

Рисунок 4.13

Схема подключения к анализатору цепей векторному C4420



Состав измерительной системы

Анализатор цепей векторный C4420
 Программное обеспечение S4VNA
 1, 2, 3, 4 модуля расширения частотного диапазона
 4 кабеля RF (SMA, вилка – SMA, вилка)
 4 кабеля LO (SMA, вилка – SMA, вилка)
 8 кабелей IF (SMA, вилка – SMA, вилка)
 4 кабеля управления
 Кабели питания и USB для анализатора
 Компьютер
 Набор мер, измерительные кабели, переходы

Соединение

Модуль	Анализатор
	PORT 1
	PORT 2
	PORT 3
	PORT 4
	LO 1 OUT
	LO 2 OUT
	LO 3 OUT
	LO 4 OUT
	R1 IN
	R2 IN
	R3 IN
	R4 IN
	T1 IN
	T2 IN
	T3 IN
	T4 IN
RF IN	
LO IN	
IF REF	
IF TEST	

Рисунок 4.14

4.3 Проведение измерений


4.3.1 Порядок включения

Включение проводить в следующей последовательности:



Электропитание анализатора должно осуществляться от сети переменного тока частотой 50 Гц напряжением от 198 до 242 В.

Перед подключением модуля к анализатору следует визуально проверить исправность кабеля управления.

- включить компьютер;
 - соединить клемму «  » на задней панели анализатора с шиной защитного заземления;
 - подключить модуль (модули) к анализатору в соответствии с 4.2.
-

Примечание

Следует избегать чрезмерного изгиба и скручивания кабелей при подключении.

Минимальный радиус изгиба составляет порядка 45 мм. Скручивание кабелей в момент подключения может повредить их соединители и/или отразиться на стабильности результата измерений.

- соединить анализатор с компьютером кабелем USB;
- подключить анализатор к сети ~ 220 В 50 Гц с помощью кабеля питания;
- включить анализатор;
- проверить статус подключения модуля по индикатору, расположенному на задней панели;
- установить программное обеспечение анализатора, если оно не было ранее установлено;
- запустить программное обеспечение;

Примечание	Включение или выключение питания анализатора возможно в любой момент времени. При включении питания анализатора, подключенного к компьютеру, программное обеспечение производит загрузку микропрограмм. По окончании загрузки приблизительно через 10 секунд анализатор готов к работе.
------------	---

- в соответствии с 4.3.3:

- выбрать режим совместной работы модуля и анализатора:

Главное меню > Система > Настройки > Расширитель частоты > [Наименование модуля]

- задать вносимые потери кабелей RF и LO;

- установить на анализаторе уровень выходной мощности испытательного и гетеродинного сигналов таким, чтобы сигналы на входе «RF IN» и «LO IN» модуля соответствовали данным, приведенным в 2.17, с учетом вносимых потерь кабелей RF и LO;

• выдержать модуль (модули) и используемый анализатор в течение времени установления рабочего режима.

Выключение:

- закрыть программное обеспечение;
- выключить анализатор, нажав кнопку выключателя питания;
- при необходимости, отсоединить модуль (модули) от анализатора;
- при необходимости, разобрать схему измерений;
- при необходимости, отсоединить анализатор сначала от сети ~ 220 В 50 Гц, затем от компьютера, далее от шины защитного заземления.

4.3.2 Порядок проведения измерений

После установления рабочего режима можно приступить к проведению измерений:

- подключить к модулю требуемые измерительные кабели и переходы, обеспечивающую совместимость с портами исследуемого устройства;



Затягивание соединителей следует выполнять с помощью тарированного ключа с нормированным значением крутящего момента.

- установить параметры: диапазон частот, количество точек по частоте, полосу пропускания фильтра промежуточной частоты в зависимости от требуемой динамики

или скорости измерений и уровень выходной мощности; рекомендуется использовать фильтр с полосой менее 300 Гц в задачах, где требуется высокий динамический диапазон измерений, и более 300 Гц в приложениях, где важна скорость;

- выбрать измеряемые параметры и разместить их удобным образом на экране;
- выбрать формат представления данных;

Примечание	Параметры измерений и формат данных могут быть изменены в любой момент времени в процессе измерений.
------------	--

- провести калибровку в зависимости от имеющихся наборов мер или требуемой точности измерений (см. 4.3.4);
- после выполнения «калибровки» подключить исследуемое устройство и произвести отсчет измеренных данных, при необходимости, зафиксировать результаты;
- чтобы перевести анализатор в диапазон его рабочих частот, следует нажать программные кнопки:

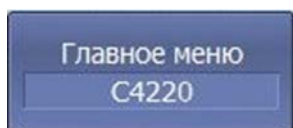
Главное меню > Система > Настройки > Расширитель частоты (Нет).

Для работы в диапазоне рабочих частот анализатора необходимо подключить перемычки на передней панели.

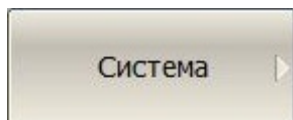
Программное обеспечение имеет широкий набор функций, облегчающих процесс измерений: большое количество одновременно отображаемых графиков, развитая маркерная система для поиска нужных значений по заданному критерию, допусковый контроль, математическая и статистическая обработка, фильтрация, сохранение и восстановление измеренных данных и настройки органов управления. Реализована поддержка следующих режимов работы: управление запуском развертки, преобразование импеданса, исключение или встраивание цепи и временная селекция.

Порядок проведения измерений, включая полное описание модели ошибок, установку параметров, описание сопутствующих схем измерений и калибровки, отображение результатов в различных форматах, подробно приведены в руководстве по эксплуатации на анализатор.

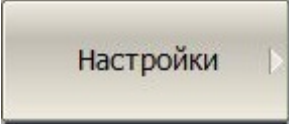
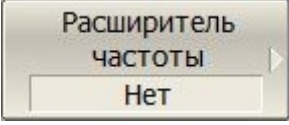
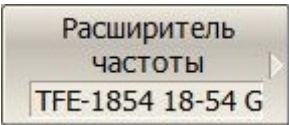
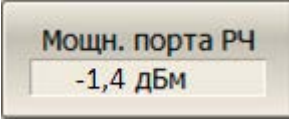
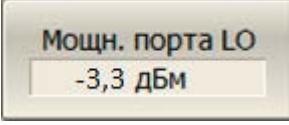
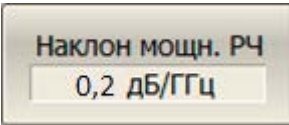
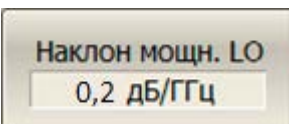
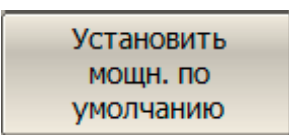
4.3.3 Выбор модулей в программном обеспечении



Запустить программное обеспечение.
Перейти в главное меню.



Перейти в меню Система.
Главное меню > Система

	<p>Перейти в меню Настройки. Главное меню > Система > Настройки</p>
	<p>Нажать кнопку Расширитель частоты Главное меню > Система > Настройки > Расширитель частоты</p>
	<p>В меню Расширители частоты выбрать используемый модуль расширения частотного диапазона (TFE1854)</p>
	<p>Установить уровень выходной мощности испытательного и гетеродинного сигналов, а также вносимые потери кабелей RF и LO:</p> <p>Мощн. порта РЧ – уровень выходной мощности испытательного сигнала: минус 1,4 дБм; Мощн. порта LO – уровень выходной мощности гетеродинного сигнала: минус 3,3 дБм; Наклон мощн. РЧ – вносимые потери кабеля RF: 0,2 дБ/ГГц; Наклон мощн. LO – вносимые потери кабеля LO: 0,2 дБ/ГГц.</p>
	
	
	
<p>Примечание</p>	<p>Если для подключения модуля используются отличные от указанных в составе кабеля RF и LO, то следует проверить, чтобы уровень мощности испытательного и гетеродинного сигналов на входе модуля соответствовал приведенному в 2.4. Дополнительная информация приведена в приложении Б.</p>
	<p>Установка параметров по умолчанию.</p>
<p>Примечание</p>	<p>Проверить состояние подключения модуля можно с помощью индикатора «STATUS», расположенного на его задней панели.</p>

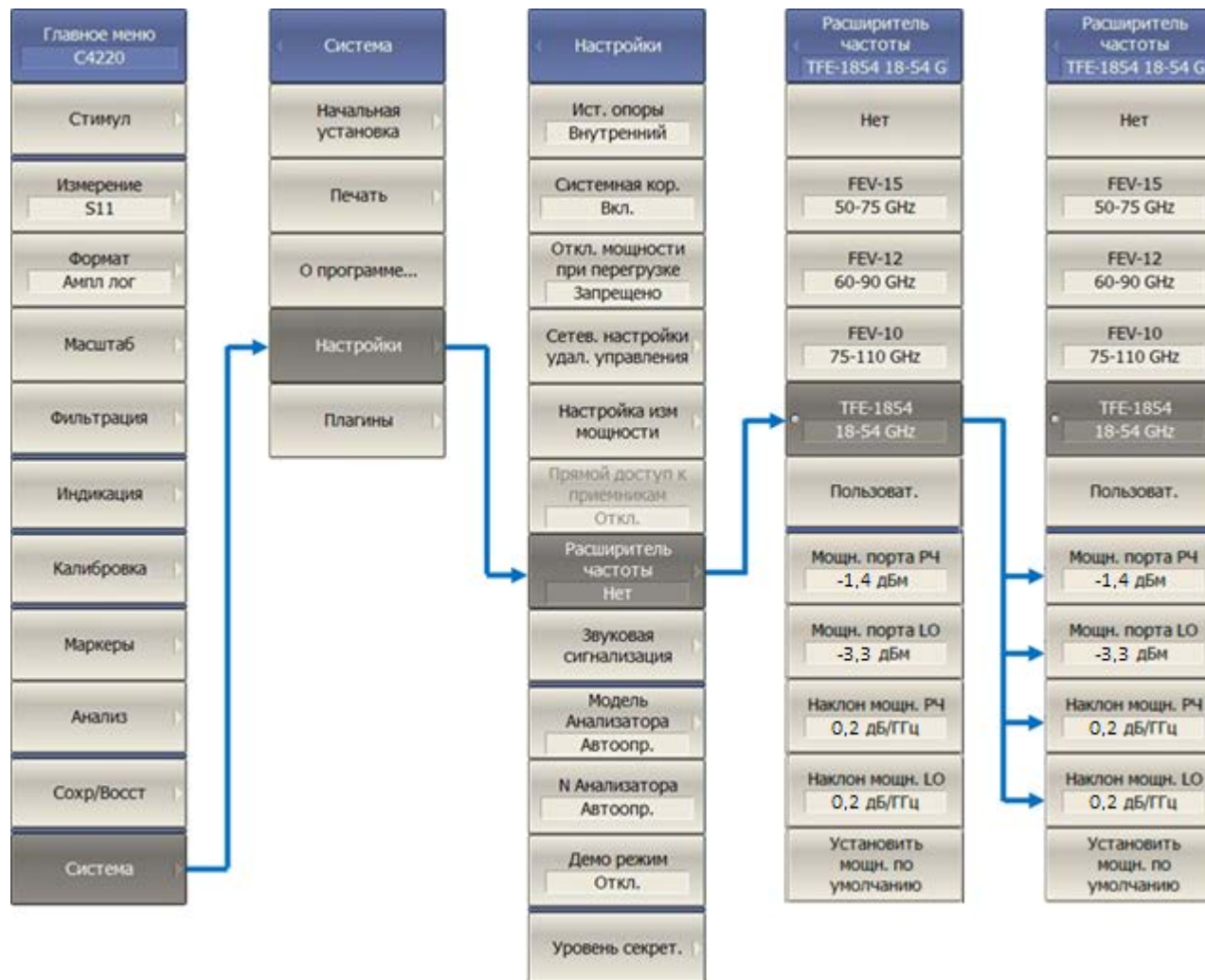


Рисунок 4.15 Навигация в программном обеспечении для выбора требуемых модулей расширения частотного диапазона

4.3.4 Калибровка

Калибровка: Это процесс, в результате выполнения которого определяются комплексные оценки ошибок в соответствии с моделью анализатора.

Коррекция: Процесс исключения ошибок, определенных при калибровке, с целью повышения точности измерений.

Измерительный порт: Порт, к которому в процессе калибровки и измерений подключаются устройства. К одному измерительному порту подключены источник сигнала и два приёмника, измеряющих амплитуды излучённого из порта и принятого в порт сигнала. После калибровки измерительным портом считается тот соединитель или сечение волновода, через которое проходит опорная плоскость калибровки.

Опорная плоскость калибровки: Плоскость отчета модуля и фазы измеряемой комплексной величины, в сечении которой вычисляются оценки ошибок.

Таблица 4.1 Стадии процесса калибровки

Стадии процесса калибровки	Описание
Выбор набора мер (см. рисунок 4.16)	Набор мер выбирается таким образом, чтобы после калибровки можно было бы подключить исследуемое устройство к измерительным портам.
Выбор метода	Метод калибровки, как правило, выбирается исходя из требуемой точности измерений. Метод калибровки определяет: какая часть ошибок (либо все ошибки) согласно модели будет скомпенсирована.
Измерение калибровочных мер в заданном диапазоне частот - проведение калибровки (см. рисунок 4.17)	Число измерений зависит от метода калибровки.
Вычисление калибровочных коэффициентов	Производится сравнение измеренных и известных параметров калибровочных мер. Полученная разница используется для вычисления калибровочных коэффициентов.
Сохранение калибровочных коэффициентов	Таблица калибровочных коэффициентов сохраняется в памяти и используется для коррекции измерений.

Программное обеспечение поддерживает несколько методов калибровки. Данные методы различаются количеством и типом используемых мер, набором корректируемых ошибок и точностью.

Таблица 4.2 Методы калибровки

Метод калибровки	Измеряемые параметры	Меры	Точность
Нормализация отражения	S_{11} или S_{22}	XX или КЗ Нагрузка (опционально)	Низкая
Нормализация передачи	S_{21} или S_{12}	Перемычка	Низкая
Полная однопортовая калибровка (см. рисунок 4.18)	S_{11} или S_{22}	XX КЗ Нагрузка	Высокая
Однонаправленная двухпортовая калибровка	S_{11}, S_{21} или S_{12}, S_{22}	XX КЗ Нагрузка Перемычка	Средняя
Полная двух- / трех- / четырехпортовая калибровка SOLT (см. рисунок 4.21)	4 / 9 / 16 S- параметров	XX КЗ Нагрузка Перемычка	Высокая
Двух- / трех- / четырехпортовая TRL калибровка	4 / 9 / 16 S- параметров	Перемычка или линия Мера с высоким коэффициентом отражения Линия или 2 нагрузки	Очень высокая

XX – нагрузка холостого хода, КЗ – нагрузка короткозамкнутая.

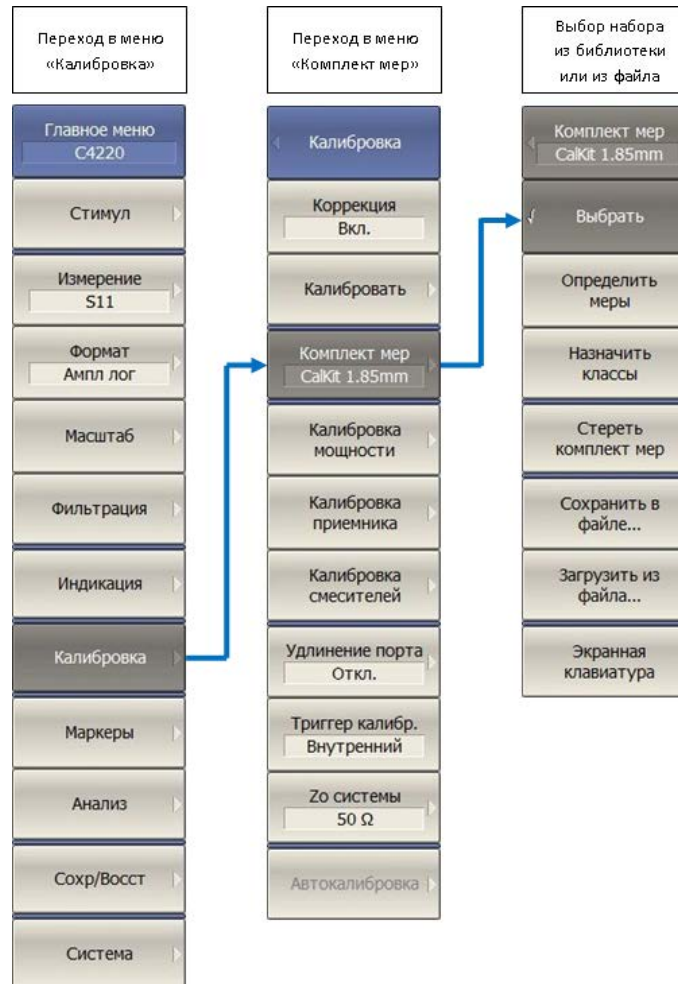


Рисунок 4.16 Навигация в программном обеспечении для выбора набора мер из библиотеки ранее предустановленных или внесение данных о новом наборе. Описание набора можно сохранить или загрузить из файла.

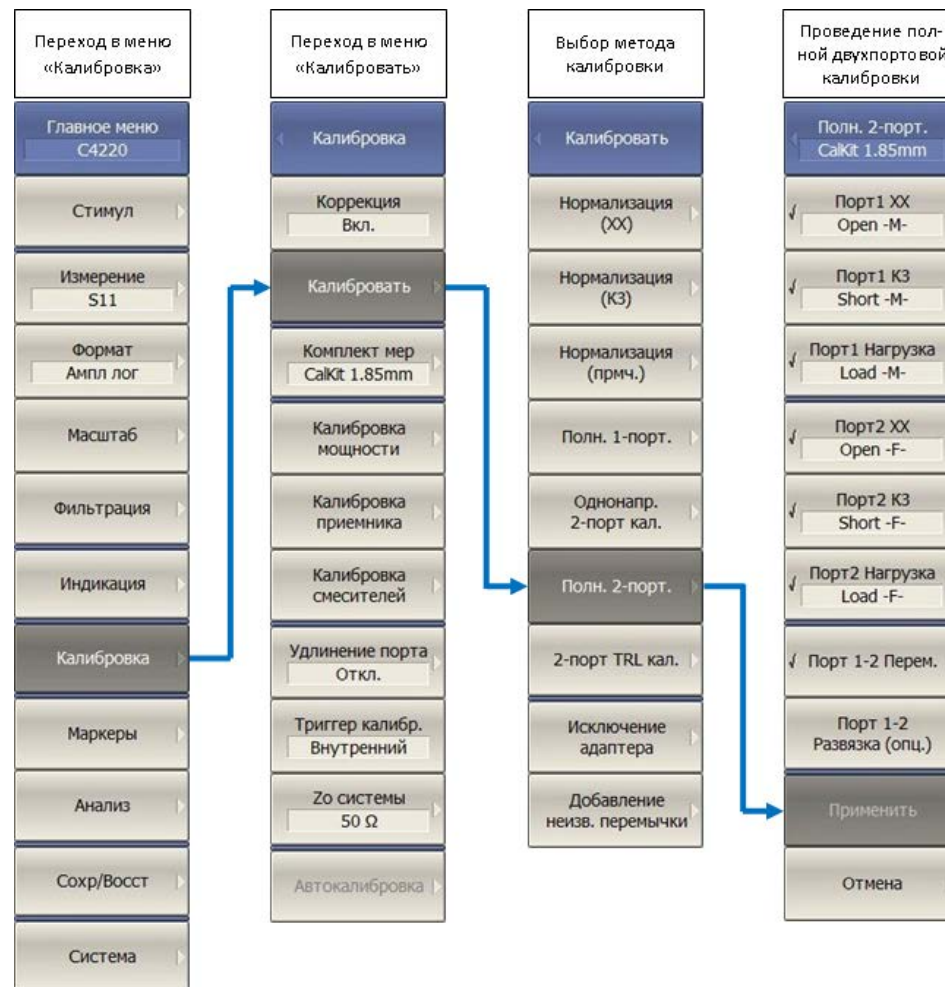
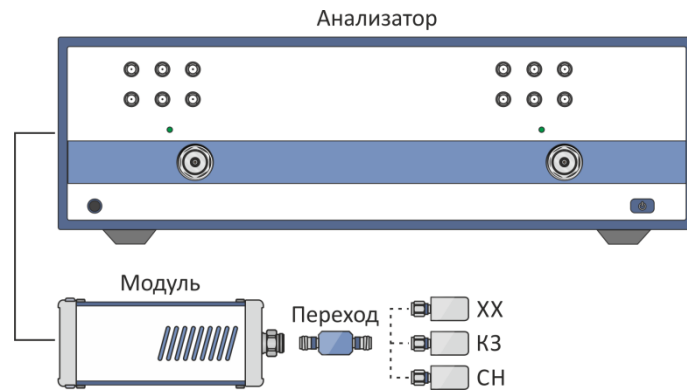
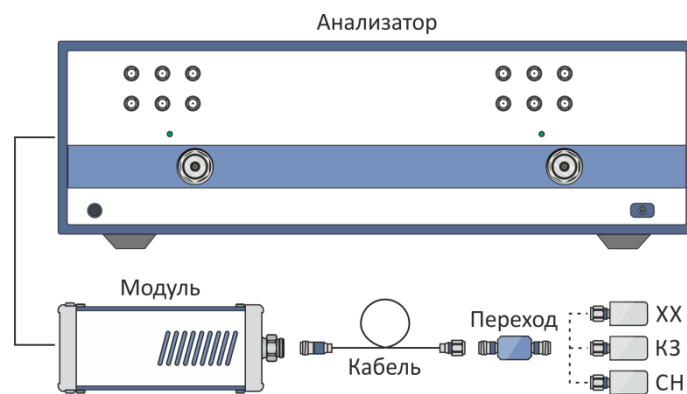


Рисунок 4.17 Навигация в программном обеспечении при проведении полной двухпортовой калибровки (пример)

На рисунках 4.19 и 4.21: измерительные кабели и переходы обеспечивают возможность подключения к портам исследуемого устройства. Дополнительно, использование переходов измерительного или метрологического класса повышает ресурс портов модуля и кабелей и улучшает повторяемость результата измерений при многократном подключении.



Пример калибровки модуля по выходу измерительного перехода

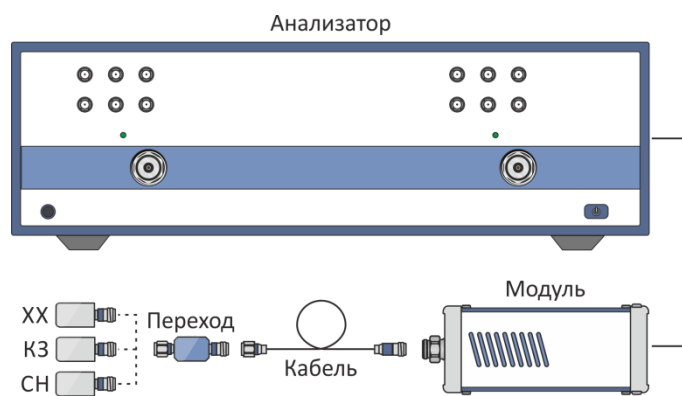


Пример калибровки по выходу измерительного перехода, подключенного к кабелю

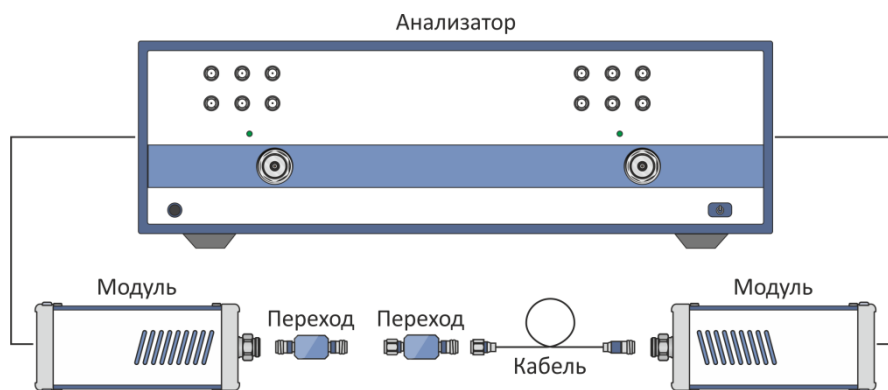
Рисунок 4.18 Полная однопортовая калибровка



Шаг 1: Полная однопортовая калибровка первого порта



Шаг 2: Полная однопортовая калибровка второго порта



Шаг 3: Измерение перемычки (в настоящем примере в качестве перемычки выступает прямое соединение измерительных портов)

Рисунок 4.19 Полная двухпортовая калибровка SOLT

Калибровка – реальный способ управления точностью проводимых измерений. Ключом к управлению точностью является разумно выбранный метод. Выделяют два основных семейства методов калибровки, которые обозначают SOLT и TRL. В семействе SOLT применяют наборы, характеристики мер которых считают полностью известными. Для семейства TRL – достаточно набора, характеристики мер которого только частично известны. В зависимости от семейства в одном наборе может быть представлено несколько мер одного вида, отличающихся друг от друга сечением волновода, типом соединителя, рабочим диапазоном частот, электрической длиной и другими характеристиками, или не быть вовсе.

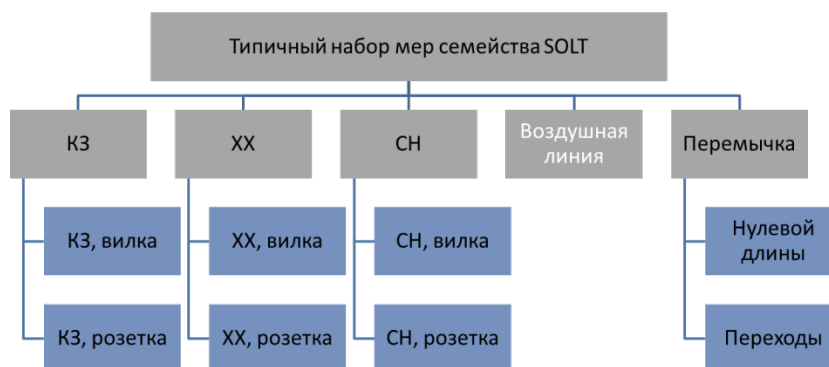


Рисунок4.20

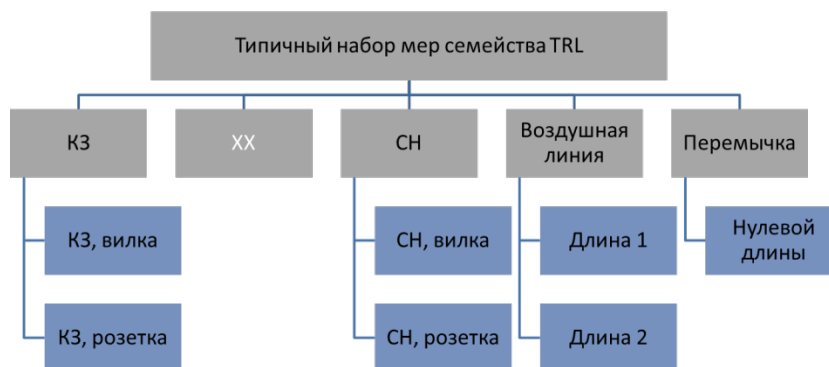


Рисунок4.21

Калибровка выполняется за несколько этапов. На каждом этапе к измерительным портам подключаются некоторые меры. Чтобы не путать меры при подключении, их делят на классы и подклассы. Класс - это условная категория, предназначенная для объединения мер в группы, которые могут применяться на одном и том же этапе (шаге) калибровки. Подкласс - это условная категория, предназначенная для ранжирования мер в классе. Пользователь может применять наборы мер, описание которых уже содержится в программном обеспечении, или создавать новые. Калибровка с помощью пользовательского набора – это один из удобных способов работы. В этом случае набор мер определяется поставленной задачей и не перегружен редко используемыми мерами.

4.3.5 Описание основных режимов измерений

Основные режимы измерений:

S-параметры

Балансные измерения

Параметры устройств с переносом частоты

Анализ и фильтрация во временной области

Типичные схемы измерений приведены на рисунках ниже по тексту. Для упрощения в схемах не отражены измерительные кабели и переходы.

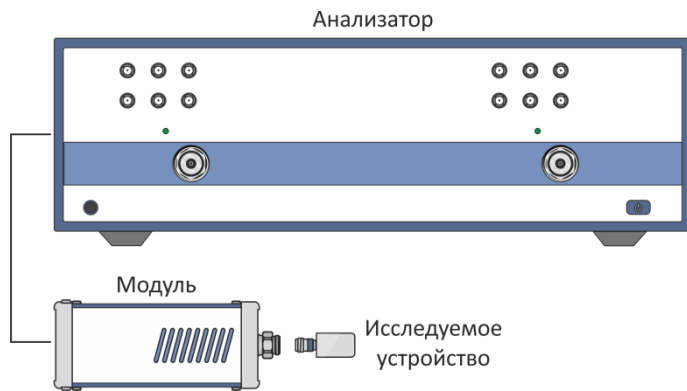
Измерительные кабели и переходы обеспечивают возможность подключения к портам исследуемого устройства.

Для продления срока службы измерительных портов (соединителя измерительного порта, расположенного на передней панели модуля, и соединителей измерительного кабеля), обязательно применение переходов.



Качество переходов должно быть таким, чтобы при многократном подключении к ним исследуемых устройств, повторяемость измерений оставалась на должном уровне в течение длительного времени. Повторяемость не должна превышать пределы погрешности измерений коэффициентов передачи и отражения, в противном случае, следует заменить используемые переходы и/или кабели. Рекомендуется использование переходов измерительного или метрологического классов.

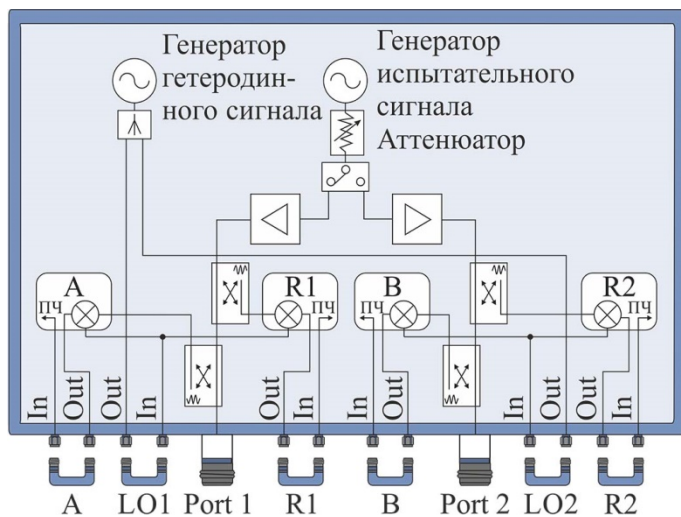
S-параметры



Коэффициент отражения однопортового устройства

Доступные методы калибровки (см. 4.3.4):

- Нормализация отражения;
- Полная однопортовая.



Расположение перемычек анализатора (2 порта) для подключения модулей расширения частотного диапазона

Измерение

S-параметры

Формат

Ампл лог

Ампл лин

КСВН

Фаза

Фаза>180

ГВЗ

Реал и Мним

Поляр

Вольп

Анализ

Электрическая задержка

Смещение фазы

Преобразование импеданса

Преобразование параметров (Z, Y, инверсия S)

Исключение цепи

Встраивание цепи

Временная область

Функции

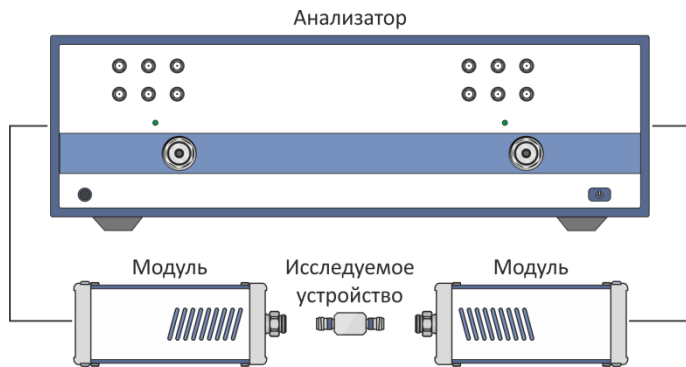
Статистика

Полоса пропускания

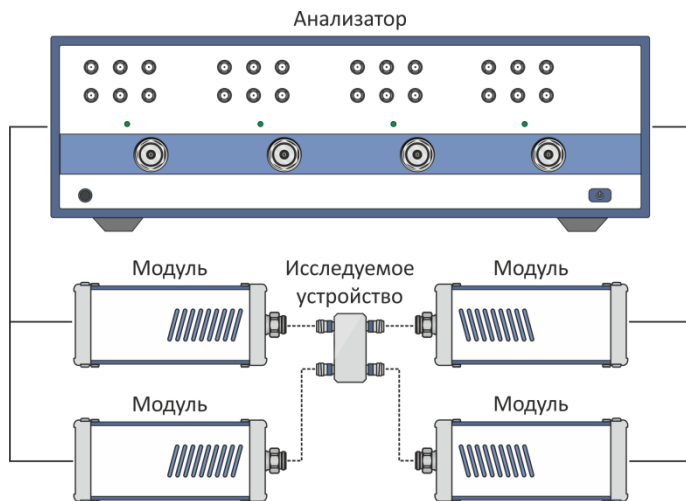
Неравномерность

Параметры фильтра

S-параметры



Одновременное измерение четырех элементов матрицы рассеяния двухпортового устройства за одно подключение



Измерение шестнадцати элементов матрицы рассеяния четырехпортового устройства осуществляется с помощью четырех модулей за одно подключение

Доступные методы «калибровки» (см. 4.3.4):

- Нормализация отражения;
- Полная однопортовая;
- Нормализация передачи;
- Двухпортовая однонаправленная;
- Полная двух- / трех- / четырехпортовая (SOLT);
- Двух- / трех- / четырехпортовая с применением прецизионных отрезков коаксиального волновода разной длины (TRL).

Измерение

S-параметры

Формат

Ампл лог

Ампл лин

КСВН

Фаза

Фаза>180

ГВЗ

Реал и Мним

Поляр

Вольп

Анализ

Электрическая задержка

Смещение фазы
Преобразование импеданса

Преобразование параметров (Z, Y, инверсия S)

Исключение цепи
Встраивание цепи
Временная область

Функции

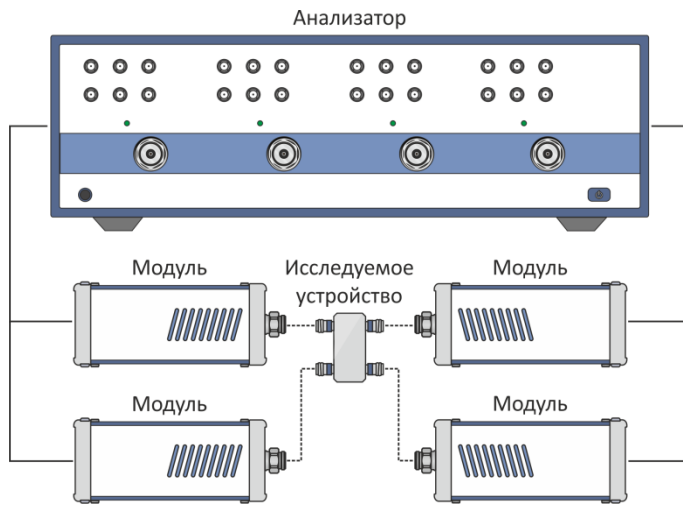
Статистика

Полоса пропускания

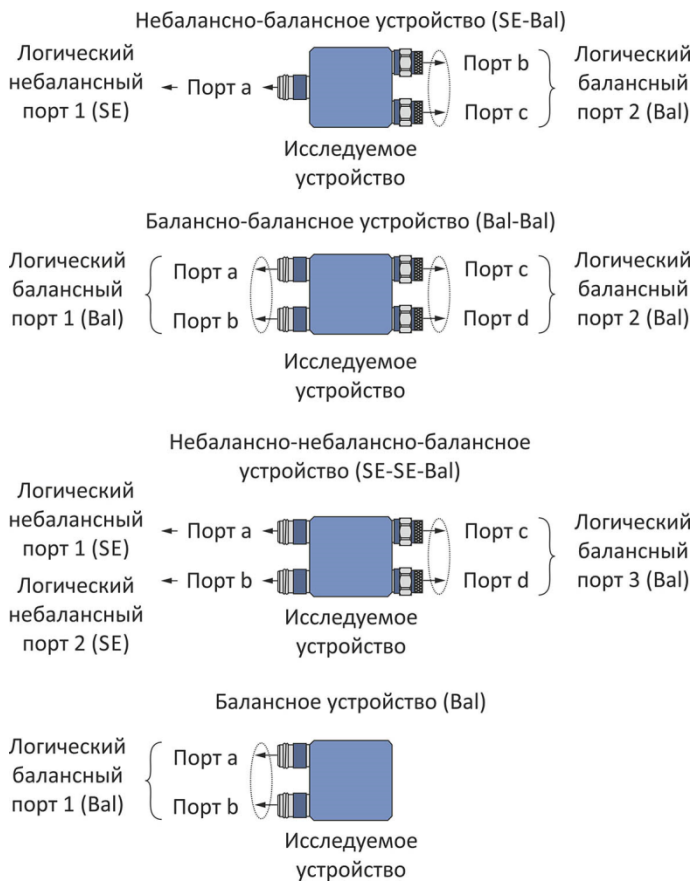
Неравномерность

Параметры фильтра

Балансные измерения



Измерение параметров устройств в дифференциальном режиме



Типы балансных цепей

Измерение

S-параметры
 S-параметры в дифференциальном режиме
 Коэффициент ослабления синфазной составляющей
 Дисбаланс

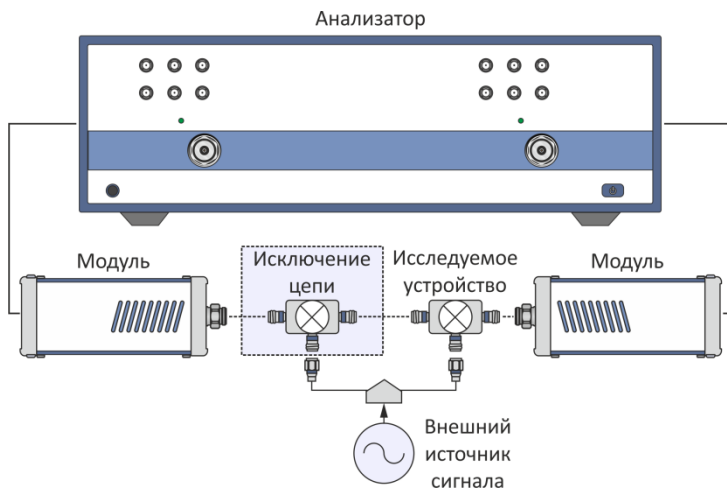
Измерения с переносом частоты

Измерение

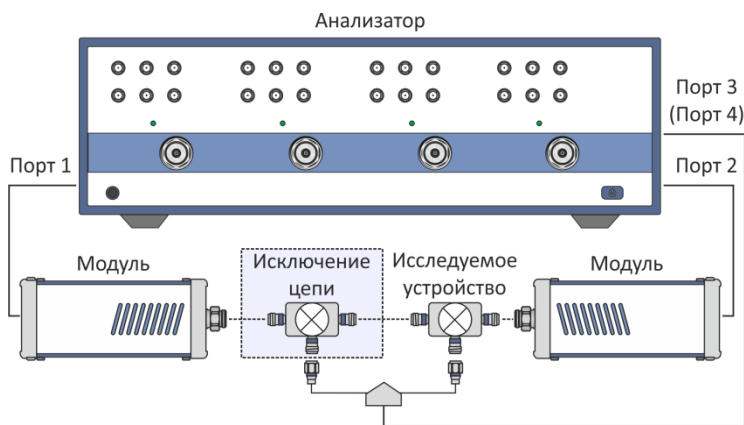
S-параметры

Коэффициент преобразования

Групповое время запаздывания

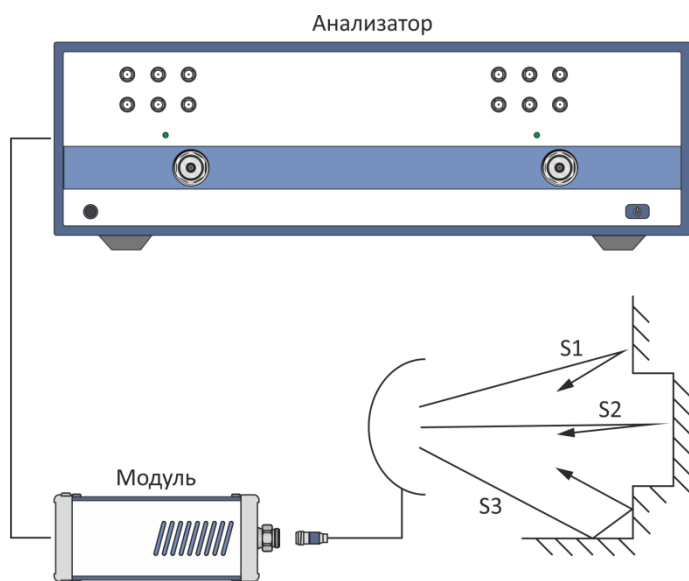


Измерение параметров смесителя. В качестве гетеродина используется внешний источник сигнала



Измерение параметров смесителя с помощью четырехпортового анализатора и двух модулей

Временная область



Разделение сигналов во временной области
с последующей селекцией

Измерение

Z-преобразование
данных из частотной
области
предварительно
умноженных на
функцию окна

Функции

Тип
преобразования:
режим
радиосигнала,
режим видеосигнала
Селекция

5 Проверка работоспособности

Проверка выполняется с помощью программного обеспечения «VNA Performance Test» в полуавтоматическом режиме с возможностью протоколирования результатов измерений.

VNA Performance Test	
Простота и надежность	В программном обеспечении VNA Performance Test использованы распространенные и простые решения - кнопки, поля для ввода, таблицы и графики. Наличие встроенной инструкции позволяет выполнить проверку без обращения к руководствам по эксплуатации или иным документам. Случайные действия пользователя не приведут к утрате результатов измерений или сбою в работе.
Эффективность	Снижается суммарное время проверки прибора или модуля и требования к квалификации персонала. Сложные математические вычисления выполняются автоматически без участия пользователя.
Универсальность	Форма представления результатов универсальная и соответствует рекомендациям международных документов по метрологии.
Платформенность	За проверку приборов и модулей одного типа отвечает программный модуль с набором тестов и инструкций. Каждый модуль обладает общими чертами: внешний вид, основные функции и управляющие элементы, справка.

Программное обеспечение распространяется бесплатно и доступно для скачивания:

<http://www.planarchel.ru/>

Ниже приведен перечень операций, которые следует выполнить при проверке работоспособности.

Проверка внешнего вида

Проверка присоединительных размеров

Определение относительной погрешности установки частоты выходного сигнала

Определение относительной погрешности установки уровня выходной мощности

Определение среднего квадратического отклонения трассы

Проверка уровня собственного шума приёмников

Определение нескорректированных параметров

Определение абсолютной погрешности измерений модуля и фазы коэффициентов отражения и передачи

Для определения погрешности измерений модуля и фазы коэффициентов передачи и отражения допускается использовать как комплексную проверку, так и поэлементную. Комплексная проверка основана на применении наборов мер, содержащих рассогласованную 25Ω линию передачи и аттенюаторы 20 и 40 дБ. Поэлементная проверка выполняется в соответствии с МИ 3411-2013 и основана на методе сравнения, использование которого требует наличия эталонного средства калибровки с известными метрологическими характеристиками.



Определение погрешности измерений модуля и фазы коэффициентов передачи и отражения для модулей в волноводе с сечением, отличающимся от его измерительных портов, следует проводить в соответствии с МИ 3411-2013.

Если вычисленные погрешности измерений модуля и фазы коэффициентов передачи и отражения меньше значений, приведённых в настоящем руководстве по эксплуатации в разделе «Технические характеристики», то за погрешность измерений следует принять указанную в руководстве. В обратном случае нужно использовать рассчитанные согласно МИ 3411-2013 значения погрешностей.

Для выполнения измерений состав модулей должен быть дополнен комплектом измерительных переходов и набором калибровочных мер (набором мер коэффициентов передачи и отражения) с соединителями в новом типе волновода.

6 Техническое обслуживание

Настоящий раздел устанавливает порядок и правила технического обслуживания, выполнение которых обеспечивает постоянную готовность модуля расширения частотного диапазона к работе. Аналогичный пункт представлен на анализатор цепей в его руководстве по эксплуатации.

Таблица 6.1

Эксплуатация и хранение	Техническое обслуживание
При эксплуатации	Контрольный осмотр (КО)
	Техническое обслуживание 2 (ТО–2)
При кратковременном хранении (до 1 года)	Контрольный осмотр
При длительном хранении (более 1 года)	Техническое обслуживание 1 при хранении (ТО–1х)
	Техническое обслуживание 2 при хранении (ТО–2х)

При контрольном осмотре осуществляется:

- проверка комплектности;
- внешний осмотр для выявления грубых механических повреждений, влияющих на работоспособность (см. 3.3).

ТО–2 включает в себя:

- контрольный осмотр;
- профилактические мероприятия:
 - снять крышки корпуса;
 - удалить пыль струей сжатого воздуха внутри модуля;
 - проверить крепления узлов;
 - закрыть крышки.
- проверку правильности ведения эксплуатационной документации;
- проверку работоспособности в соответствии с 5.

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

- проверку наличия модуля на месте хранения;
- проведение внешнего осмотра состояния упаковки;
- проверку состояния учета и условий хранения;

- проверку правильности ведения эксплуатационной документации.

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

- все операции ТО–1х;
- проверку работоспособности в соответствии с 5;
- проверку состояния эксплуатационной документации.

По результатам выполнения перечисленных операций, заносятся сведения в формуляр.

В случае неудовлетворительных результатов проверок необходимо принять меры по устранению обнаруженных несоответствий или ремонту.

7 Текущий ремонт

При поломке модуля допускается только текущий фирменный ремонт, либо ремонт, который осуществляют предприятия, имеющие соответствующую лицензию. Метод ремонта – обезличенный.



Запрещается нарушать защитные пломбы, производить самостоятельный ремонт.

Текущий
ремонт

Ремонт, выполняемый для обеспечения или восстановления работоспособности прибора и состоящий в замене и (или) восстановлении отдельных частей.

Обезличенный
метод

Метод ремонта, при котором не сохраняется принадлежность восстановленных составных частей к определенному экземпляру прибора.

8 Хранение

Устройства из комплекта поставки (см. таблицы 2.4 и 2.5) до введения в эксплуатацию должны 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).

Хранение устройств 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.

9 Транспортирование

Погрузка и выгрузка упакованных устройств из комплекта поставки (см. таблицы 2.4 и 2.5) должны проводиться аккуратно, исключая удары и повреждения упаковки. При транспортировании устройства следует устанавливать согласно нанесенным на упаковке знакам. Не допускается кантование устройств.

Транспортировка устройств осуществляется в закрытых транспортных средствах любого вида в следующих условиях:

- температура окружающего воздуха от минус 50 °С до 70 °С;
- относительная влажность воздуха при 30 °С не более 95 %;
- атмосферное давление от 70,0 до 106,7 кПа (от 537 до 800 мм рт. ст.).

Устройства разрешается транспортировать в упакованном виде в условиях, исключающих внешние воздействия, способные вызвать механические повреждения или нарушить целостность упаковки в пути следования.

Трюмы судов, кузова автомобилей, используемые для перевозки, не должны содержать паров кислот и щелочей, агрессивных газов и других вредных примесей, вызывающих коррозию.

При транспортировании самолётом устройства должны быть размещены в отапливаемых герметизированных отсеках.

Приложение А
(справочное)
Правила использования соединителей

А.1 Общие сведения

При работе на частотах свыше нескольких десятков мегагерц качеству соединения устройств должно быть уделено особое внимание.

РЕКОМЕНДУЕТСЯ ПРОВОДИТЬ ПЕРИОДИЧЕСКУЮ ПРОВЕРКУ И ЧИСТКУ СОЕДИНИТЕЛЕЙ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ УСТРОЙСТВ.

ПОВРЕЖДЁННЫЕ ИЛИ ЗАГРЯЗНЁННЫЕ СОЕДИНИТЕЛИ МОГУТ ЗНАЧИТЕЛЬНО УХУДШАТЬ РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ.

Контактные поверхности внешнего проводника соединителей должны быть чистыми и ровными, центральный проводник должен иметь определенный присоединительный размер. Контактные и токонесущие поверхности соединителей должны быть без вмятин, забоин и отслаивания покрытия.

УСТРОЙСТВА С МЕХАНИЧЕСКИМИ ПОВРЕЖДЕНИЯМИ СОЕДИНИТЕЛЕЙ ИЛИ НЕСООТВЕТСТВУЮЩИМ ПРИСОЕДИНИТЕЛЬНЫМ РАЗМЕРОМ ДОЛЖНЫ БЫТЬ ИСКЛЮЧЕНЫ ИЗ ЧИСЛА ИСПОЛЬЗУЕМЫХ.

НЕОБХОДИМО ПРОВОДИТЬ ПЕРИОДИЧЕСКУЮ ПРОВЕРКУ ПРИСОЕДИНИТЕЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ.

Присоединительные размеры рекомендуется проверять при первом использовании устройства, и, в дальнейшем, периодически.

Повторная проверка соединителей рекомендуется, если:

- по результатам внешнего осмотра или по результатам выполненных измерений возникает предположение о поломке или повреждении какого-либо соединителя;
- обнаружено, что соединители устройств повреждены или их присоединительные размеры не соответствуют нормам, установленным для данного типа соединителей;
- с момента предыдущей проверки проведено более 100 присоединений к любому из соединителей.

Соединители имеют ограниченный срок эксплуатации и могут быть повреждены даже при правильном использовании, однако, регулярная проверка и чистка поможет продлить этот срок:

- последовательность чистки приведена в А.2;

Приложение А

- для обеспечения максимальной повторяемости результатов измерений и предотвращения поломки соединителей следует подключать устройства в последовательности, указанной в А.4;
- при длительном удержании устройств (переходов, нагрузок, мер) в руках или чистке их соединителей сжатым воздухом изменяется температура корпуса, что может значительно отразиться на их электрических характеристиках; в этом случае, перед использованием устройств требуется дождаться стабилизации температуры;
- запрещается касаться контактных и токонесущих поверхностей соединителей устройств; любые отпечатки и микроскопические частицы сложно удаляются с этих поверхностей и могут стать причиной ухудшения результатов;
- когда устройства не используются, необходимо надевать защитные колпачки на их соединители;
- во время измерений рекомендуется использовать средства защиты от электростатического электричества.

А.2 Чистка соединителей

Чистку соединителей рекомендуется проводить до и после использования устройств.

Устройство	Тип соединителей
Анализаторы цепей векторные	N, розетка (измерительный порт)
	SMA, розетка (конфигурируемая панель)
Модули расширения частотного диапазона	NMD 3,5 мм, вилка (измерительный порт)
	3,5 мм, розетка (конфигурируемая панель)
Кабели соединительные	NMD 1,85 мм, вилка (измерительный порт)
	SMA, розетка (порты RF, LO, IF)
Кабели измерительные	N, вилка
	SMA, вилка
Переходы измерительные	1,85 мм, вилка
	1,85 мм, розетка
Наборы мер	1,85 мм, вилка
	1,85 мм, розетка

Чистку коаксиальных соединителей проводить по следующей методике:

- протереть поверхности соединителей, как показано на рисунке А.1, палочкой с ватным тампоном, смоченным в спирте; капли спирта не должны попадать внутрь устройств или на поверхность диэлектрика; чистка поверхности диэлектрика (соединители SMA) осуществляется путем протирания палочкой с сухим ватным тампоном или сухим без ворсовым материалом, не прилагая давления на диэлектрик;

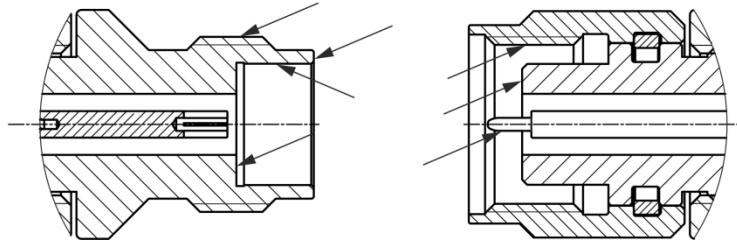


Рисунок А.1 Чистка на примере соединителей 1,85 мм (розетка и вилка)

- провести чистку остальных внутренних поверхностей соединителей, продув их воздухом;
- просушить соединители, убедиться в отсутствии остатков спирта внутри соединителей;
- провести визуальный контроль чистоты соединителей, убедиться в отсутствии посторонних частиц;
- при необходимости чистку повторить.



ЗАПРЕЩАЕТСЯ применять металлические предметы для чистки соединителей.

ЗАПРЕЩАЕТСЯ протирать центральный проводник соединителей «розетка». Чистку проводить продувкой воздухом.

А.3 Проверка присоединительных размеров

Присоединительные размеры соединителей измерительных портов анализатора, модулей, кабелей и переходов, а также средств калибровки рекомендуется проверить при первом использовании, а в дальнейшем, проверять регулярно.

Первая проверка соединителей позволит получить значения присоединительных размеров, которые могут быть использованы при эксплуатации устройств для оценивания изменений размеров.

Повторная проверка соединителей рекомендуется, если:

- по результатам внешнего осмотра или по результатам выполненных измерений возникает предположение о поломке или повреждении какого-либо соединителя;

Приложение А

- обнаружено, что соединители устройств повреждены или их присоединительные размеры не соответствуют нормам, установленным для данного типа соединителей;
- с момента предыдущей проверки проведено более 100 присоединений к любому из соединителей.

Проверка присоединительных размеров выполняется с применением комплекта для измерений соединителей коаксиальных в соответствии с указаниями эксплуатационной документации на него или универсальным инструментом для измерений линейных размеров (например, микрометром, индикатором часового типа и др.).

При проверке измеряется только размер «А» (см. рисунок А.2).

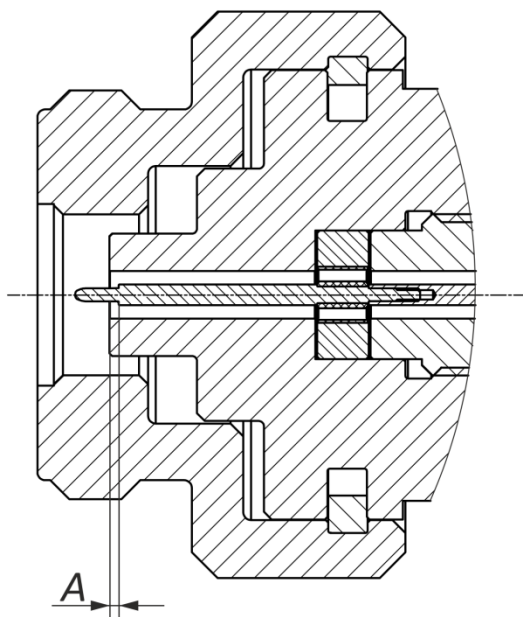


Рисунок А.2 NMD 1,85 мм, вилка

Присоединительный размер «А» соединителя измерительного порта модуля должен находиться в пределах $0,00_{-0,08}$ мм.

Норма на присоединительный размер «А» соединителей других устройств (анализатора, кабелей, переходов, средств калибровки) должна быть указана в эксплуатационной документации на них.



При обнаружении несоответствий размеров проверяемого соединителя установленным нормам необходимо выполнить ремонт. Устройство с такими соединителями бракуют.

А.4 Подключение и отключение устройств

При эксплуатации постоянно возникает необходимость подключения различных устройств между собой.

Подключение устройств с коаксиальными соединителями рекомендуется выполнять в следующей последовательности для обеспечения максимальной повторяемости результата измерений и предотвращения поломки:

- аккуратно совместить соединители подключаемых устройств;
- удерживая подключаемое устройство, руками накрутить гайку соединителя «вилка». При этом рабочие поверхности центральных проводников и опорные плоскости внешних проводников должны соприкоснуться, как показано на рисунке;
- затянуть с помощью тарированного ключа (усилие затягивания зависит от типа соединителя) гайку соединителя «вилка», при этом следует удерживать подключаемое устройство пальцами или с помощью ключа гаечного, предохраняя его от проворачивания. Окончательное затягивание гайки соединителя «вилка» проводить, удерживая ключ за конец ручки. Затягивание прекратить в момент излома ручки ключа.



Присоединение следует осуществлять только вращением гайки соединителя «вилка».

Запрещается вращать корпус подключаемого устройства.

Затягивание гайки соединителя «вилка» выполнять с помощью тарированного ключа с нормированным значением крутящего момента.

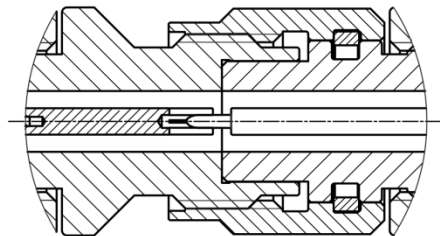


Рисунок А.3 Пример подключения
Соединители 1,85 мм (розетка слева, вилка справа)

Отключение соединителей должно выполняться в последовательности:

- с помощью ключа, которым проводилось затягивание, ослабить крепление гайки соединителя «вилка», при этом удерживать отключаемое устройство пальцами или с помощью ключа гаечного, предохраняя его корпус от проворачивания;
- удерживая отключаемое устройство в таком положении, чтобы центральный проводник его соединителя находился на той же прямой, что и в подключённом состоянии, раскрутить гайку соединителя «вилка».

Приложение Б
(справочное)
Установка уровня мощности
измерительного и гетеродинного сигналов

При использовании кабелей RF и LO произвольной длины необходимо определить и установить корректный уровень мощности измерительного и гетеродинного сигналов, поступающих с анализатора на вход модуля. Это требуется для обеспечения стабильной совместной работы.

Таблица В.1 Основные параметры портов

Основные параметры «RF IN», «LO IN» «PORT», «LO OUT»	
Модуль, вход «RF IN»	
Диапазон входных частот	от 4,0 до 8,0 ГГц
Диапазон уровня входной мощности	от –4 до –1 дБм
Максимально допустимый уровень входной мощности	+8 дБм
Модуль, вход «LO IN»	
Диапазон входных частот	от 4,0 до 9,0 ГГц
Диапазон уровня входной мощности	от –6 до –3 дБм
Максимально допустимый уровень входной мощности	+8 дБм
Анализатор, выход «PORT» (совместная работа с модулями)	
Диапазон выходных частот С4220, С4420	от 100 кГц до 20 ГГц
Диапазон выходных частот С4209, С4409	от 100 кГц до 9,6 ГГц
Диапазон установки уровня выходной мощности С4220, С4420	от –60 до +10 дБм
Диапазон установки уровня выходной мощности С4209, С4409	от –60 до +15 дБм

Основные параметры
«RF IN», «LO IN», «PORT», «LO OUT»

Анализатор, выход «LO OUT»

Диапазон выходных частот C4220, C4420	от 3,9 ГГц до 20 ГГц
Диапазон выходных частот C4209, C4409	от 20 МГц до 9 ГГц
Диапазон установки уровня выходной мощности C4220, C4420, дБм	от -6 до +6 дБм
Диапазон установки уровня выходной мощности C4209, C4409, дБм	от -6 до +3 дБм

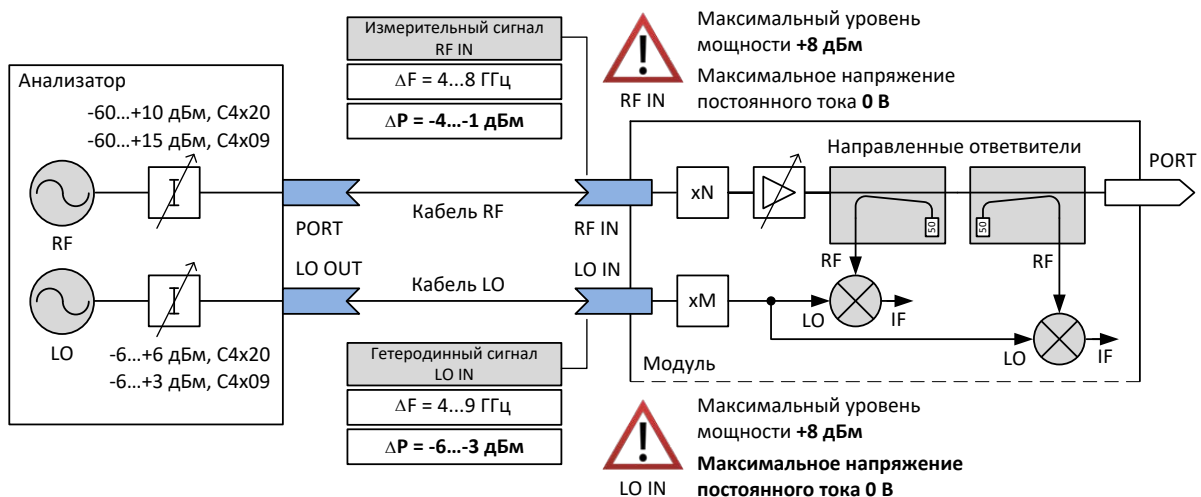


Рисунок В.1 Передача измерительного и гетеродинного сигналов между анализатором и модулем

Порядок действий при установке мощности сигналов:

Шаг 1:

- измерение модуля коэффициента передачи кабеля RF (LO);

Если частотная зависимость коэффициента передачи исследуемого кабеля известна, то необходимо определить начальные вносимые потери и наклон, пропустив процесс измерений.

- определение коэффициента передачи кабеля на нижней границе диапазона входных частот модуля – начальные вносимые потери;
- определение коэффициента передачи кабеля на верхней границе диапазона входных частот модуля;
- определение наклона коэффициента передачи кабеля;

Приложение Б

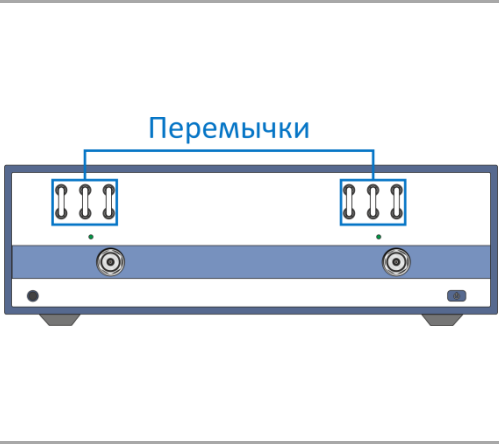
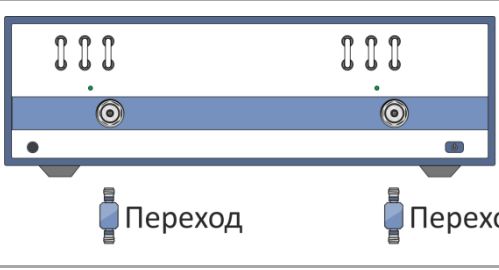
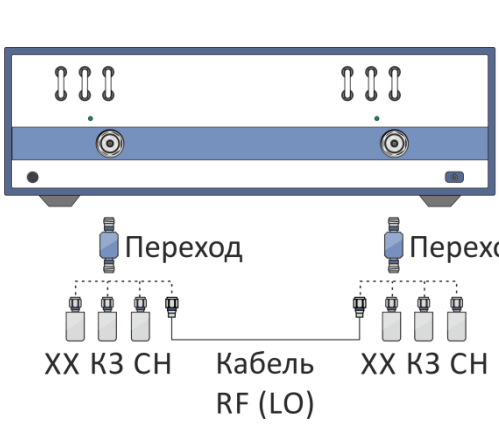
Шаг 2:

- вычисление мощности сигналов на выходе анализатора;

Шаг 3:

- ввод параметров;
- проверка работоспособности.

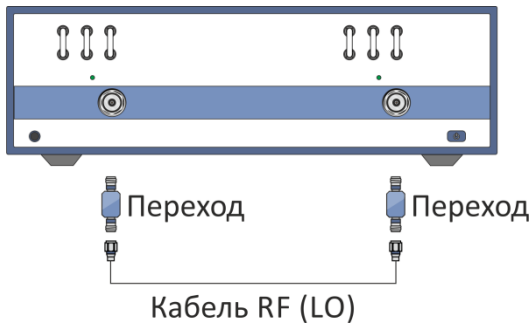
Таблица В.2 Установка мощности сигналов на выходе анализатора при использовании кабелей RF и LO произвольной длины

	<p>В выключенном состоянии отсоединить от анализатора модули расширения частотного диапазона и подключить перемычки к передней конфигурируемой панели. Включить анализатор, запустить программное обеспечение. Перевести анализатор в диапазон его рабочих частот, нажав программные кнопки:</p> <p>Главное меню > Система > Настройки > Расширитель частоты > Нет</p>
	<p>Присоединить к измерительным портам анализатора переходы коаксиальные, позволяющие прямое подключение исследуемого кабеля RF (LO).</p>
	<p>Установить на анализаторе параметры по умолчанию, диапазон частот от $f_H = 4$ ГГц до $f_B = 9$ ГГц, количество точек 501, фильтр ПЧ 1 кГц, уровень выходной мощности минус 5 дБм.</p> <p>Выполнить полную двухпортовую калибровку с неизвестной перемычкой по сечению переходов. В качестве неизвестной перемычки может быть использован исследуемый кабель RF (LO), если предварительно известно, что его потери не превышают 10 дБ в установленном диапазоне частот, или другой кабель СВЧ. Допускается использовать другие типы двухпортовой калибровки.</p>

XX – нагрузка холостого хода;

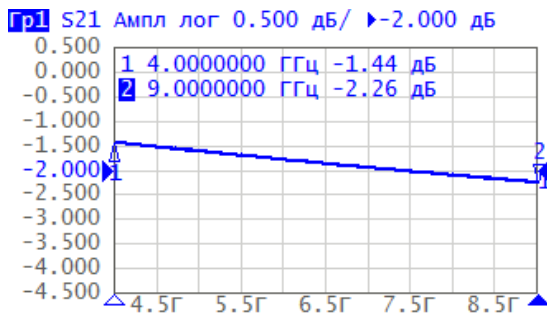
K3 – нагрузка короткозамкнутая;

CH – нагрузка согласованная.



После калибровки анализатора подключить кабель RF (LO) и измерить его модуль коэффициента передачи $S_{21}(f)$ в дБ.

Измерения и дальнейшие вычисления следует выполнять отдельно для каждого кабеля RF(LO).



С помощью маркеров определить коэффициент передачи на частотах f_H и f_B .

Зафиксировать результаты $S_{21}(f_H)$ и $S_{21}(f_B)$ в дБ.

В приведенном примере:

$$S_{21}(f_H = 4 \text{ ГГц}) = -1,44 \text{ дБ};$$

$$S_{21}(f_B = 9 \text{ ГГц}) = -2,26 \text{ дБ}.$$

Вычислить наклон коэффициента передачи S , где f_H, f_B – частоты в ГГц.

S – неотрицательное число.

$$S = \frac{|S_{21}(f_B) - S_{21}(f_H)|}{f_B - f_H} \text{ [дБ/ГГц]}$$

Выходные сигналы анализатора, дБм:

$$P_{PORT}(f_H) = -2,5 - S_{21}(f_H)$$

$$P_{LO.OUT}(f_H) = -4,5 - S_{21}(f_H)$$

Вычислить мощность измерительного P_{PORT} или гетеродинного $P_{LO.OUT}$ сигналов на выходе анализатора с учетом начальных потерь в кабеле на частоте f_H .

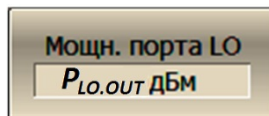
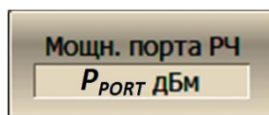
Входные сигналы модуля, дБм:

$$P_{RF.IN}(f_H) = P_{PORT}(f_H) + S_{21}(f_H)$$

$$P_{LO.IN}(f_H) = P_{LO.OUT}(f_H) + S_{21}(f_H)$$

Если полученные значения мощности выходят за пределы диапазона регулировки измерительного или гетеродинного сигнала (см. таблицу В.1), следует обратиться на предприятие-изготовитель для получения дополнительной информации о возможных способах компенсации потерь.

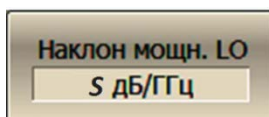
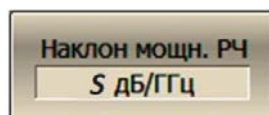
Контактная информация приведена на сайте: <http://www.planarchel.ru/>



В выключенном состоянии подключить к анализатору модули расширения частотного диапазона. Схемы подключения приведены в 4.2. Включить анализатор, запустить программное обеспечение. Выбрать совместный режим измерений:

Главное меню > Система > Настройки > Расширитель частоты > TFE-1854

Ввести значения $P_{PORT}(f_H)$ и $P_{LO.OUT}(f_H)$ в программное обеспечение.



Ввести значение наклона S в программное обеспечение для автоматической компенсации вносимых потерь кабеля RF (LO) в диапазоне частот от f_H до f_B .

Компенсация потерь в диапазоне частот выполняется по линейному закону.

Выходные сигналы анализатора, дБм:

$$P_{PORT}(f) = P_{PORT}(f_H) + S \cdot (f - f_H)$$

$$P_{LO.OUT}(f) = P_{LO.OUT}(f_H) + S \cdot (f - f_H)$$

Входные сигналы модуля, дБм:

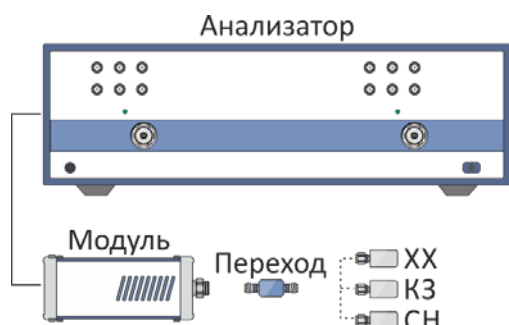
$$P_{RF.IN}(f) \cong P_{RF.IN}(f_H)$$

$$P_{LO.IN}(f) \cong P_{LO.IN}(f_H)$$

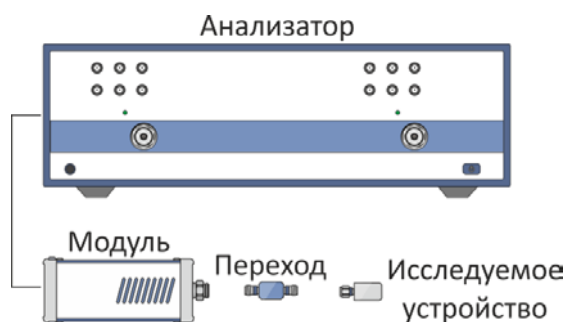
$$f_H \leq f \leq f_B$$

Выходные сигналы анализатора и входные сигналы модуля в диапазоне частот от f_H до f_B с компенсацией потерь в кабеле.

Будьте внимательны: превышение максимальной входной мощности сигналов или максимального постоянного напряжения, указанных на задней панели модулей, может привести к выходу их из строя.



Пример однопортовой калибровки



Пример измерений

После установки параметров сигналов рекомендуется провести пробные измерения в соответствии с 4.3, подключив нагрузку с известным номинальным значением коэффициента отражения.

Если в ходе измерений с заданными параметрами измерительного и гетеродинного сигналов будут наблюдаться нехарактерные шумы или всплески трасс, следует обратиться на предприятие-изготовитель для получения более подробной информации по эксплуатации модулей.

Контактная информация приведена на сайте: <http://www.planarchel.ru/>

Приложение В
(справочное)
Библиотека

В таблице представлены ссылки на материалы полезные для ознакомления и изучения основ векторных измерений.

Название	Описание
<u>Теоретические основы векторного анализа цепей в соответствии с МИ 3411-2013</u>	В документе представлены структурные схемы и модели анализаторов с одним и двумя измерительными портами, описана калибровка и коррекция результатов измерений, приведен порядок вычисления систематической погрешности.
<u>Векторные анализаторы цепей серии Кобальт</u>	В статье приведён обзор всех приборов из серии Кобальт, представлены модели, обеспечивающие прямой доступ к приёмникам, работу с внешними расширителями по частоте, а также перечислены основные функциональные возможности.
<u>Эффективная верификация анализаторов цепей</u>	В статье рассказывается о новом подходе к верификации анализаторов. Предложенная методика позволяет упростить и ускорить процесс контроля характеристик приборов.
<u>Векторный анализ в учебном процессе</u>	В статье представлены учебные курсы, которые можно реализовать, включив в учебный процесс работу с анализаторами.
<u>Полная двухпортовая калибровка. Табличное описание набора мер</u>	Видеоматериал посвящен полной двухпортовой SOLT калибровке и порядку ее проведения с помощью механического набора. К этой процедуре следует подходить с особой тщательностью, так как от ее качества зависит точность измерений.
<u>Калибровка векторных анализаторов цепей перемычкой с неизвестными параметрами</u>	Статья описывает преимущества калибровки методом неизвестной перемычки, когда соединители портов не допускают их непосредственного соединения друг с другом.
<u>Наборы калибровочных мер</u>	Статья описывает наборы мер, предназначенные для калибровки анализаторов. Приводится описание математической модели калибровочных мер, связь метода калибровки с набором мер. Дается методика настройки встроенных описаний наборов мер для конкретной калибровки, а также методика создания и редактирования пользовательских наборов.