

АНАЛИЗАТОРЫ ЦЕПЕЙ ВЕКТОРНЫЕ

- C1205, C1207, C1209, C1214, C1220
- C1409, C1420
- C2209, C2409, C2220, C2420
- C4209, C4409, C4220, C4420



РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

Технические характеристики



Челябинск 2017 г.



АНАЛИЗАТОРЫ ЦЕПЕЙ ВЕКТОРНЫЕ

C1205, C1207, C1209, C1214, C1220,
C1409, C1420,
C2209, C2409, C2220, C2420
C4209, C4409, C4220, C4420

Руководство по эксплуатации

Технические характеристики

Январь 2017 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1 Требования безопасности.....	5
2 Описание и принцип работы.....	7
2.1 Назначение	7
2.2 Состав.....	8
2.3 Технические характеристики.....	14
2.3.1 Основные технические характеристики	14
2.3.2 Справочные технические характеристики	34
2.3.3 Функциональные возможности	38
2.4 Устройство и принцип работы	48
3 Подготовка к работе	54
3.1 Общие положения	54
3.2 Распаковывание и повторное упаковывание.....	55
3.2.1 Распаковывание	55
3.2.2 Упаковывание	56
3.3 Внешний осмотр	58
3.4 Чистка соединителей	59
3.5 Проверка присоединительных размеров	60
3.6 Подключение и отключение устройств	62
3.7 Порядок включения прибора	64
4 Порядок работы.....	66
4.1 Расположение органов управления	66
4.2 Передняя панель	81
4.3 Задняя панель	83
4.4 Порядок проведения измерений.....	86
5 Поверка.....	95
6 Техническое обслуживание	98
6.1 Введение	98
6.2 Порядок проведения технического обслуживания.....	98
7 Текущий ремонт	101
8 Хранение.....	102
9 Транспортирование.....	102

Введение

Документ является обновленной редакцией руководства по эксплуатации РЭ 6687-125-21477812-2015.

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

Руководство по эксплуатации состоит из двух частей.

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

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

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

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

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

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

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

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

1 Требования безопасности

При эксплуатации анализатора необходимо соблюдать требования: «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей».

При работе с прибором необходимо соблюдать общие меры безопасности, относящиеся к аппаратуре, работающей от электросети ~ 220 В, 50 Гц.

Анализатор относится к 1 классу защиты от поражения электрическим током по ГОСТ Р 51350–99 со шнуром соединительным (кабелем питания) с заземляющим проводом.

Заземление анализатора производится через кабель питания, подключаемый к сетевому соединителю прибора и трехполюсной розетке сети. Дополнительно рекомендуется соединить клемму «», расположенную на задней панели анализатора, с шиной защитного заземления.

ВНИМАНИЕ:

РАЗРЫВ ЛИНИИ ЗАЩИТНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ МОЖЕТ СДЕЛАТЬ РАБОТУ С ПРИБОРОМ ОПАСНОЙ.

ЗАПРЕЩАЕТСЯ ПРОИЗВОДИТЬ СОЕДИНЕНИЕ ИЛИ РАЗЪЕДИНЕНИЕ КАБЕЛЯ ПИТАНИЯ ПРИ ВКЛЮЧЕННОМ АНАЛИЗАТОРЕ.

ЗАПРЕЩАЕТСЯ НАРУШАТЬ ЗАЩИТНЫЕ ПЛОМБЫ, ПРОИЗВОДИТЬ САМОСТОЯТЕЛЬНЫЙ РЕМОНТ.



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

Перед включением прибора в сеть следует проверить исправность кабеля питания, при подключении к сети - надежность заземления.

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

Защита от электростатического разряда



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

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

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

2 Описание и принцип работы

2.1 Назначение

Полное торговое наименование, тип и обозначение прибора: Анализаторы цепей векторные C1205, C1207, C1209, C1214, C1220, C1409, C1420, C2209, C2409, C2220, C2420, C4209, C4409, C4220, C4420.

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.

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

2.2 Состав

Анализаторы отличаются друг от друга верхней границей диапазона рабочих частот, количеством измерительных портов, расположенных на передней панели, наличием соединителей для прямого доступа к входам измерительных и опорных приемников, а также наличием соединителей для подключения расширителей по частоте. Функциональные особенности кратко перечислены в таблице 2.1 и приложении А. Внешний вид анализаторов приведен в разделе 4.1.

Таблица 2.1 Функциональные особенности анализаторов

Анализатор	Диапазон рабочих частот
Двухпортовые приборы	
C1205	от 100 кГц до 4,8 ГГц
C1207	от 100 кГц до 7 ГГц
C1209	от 100 кГц до 9 ГГц
C1214	от 100 кГц до 14 ГГц
C1220	от 100 кГц до 20 ГГц
Четырехпортовые приборы	
C1409	от 100 кГц до 9 ГГц
C1420	от 100 кГц до 20 ГГц
Приборы с переключками для прямого доступа к приемникам	
C2209	от 100 кГц до 9 ГГц (2 порта)
C2409	от 100 кГц до 9 ГГц (4 порта)
C2220	от 100 кГц до 20 ГГц (2 порта)
C2420	от 100 кГц до 20 ГГц (4 порта)
Приборы с переключками для подключения расширителей по частоте	
C4209	от 100 кГц до 9 ГГц (2 порта)
C4409	от 100 кГц до 9 ГГц (4 порта)
C4220	от 100 кГц до 20 ГГц (2 порта)
C4420	от 100 кГц до 20 ГГц (4 порта)

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.

Комплект поставки указан в таблице 2.2.

Таблица 2.2 Комплект поставки

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

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.

Необходимые для эксплуатации анализаторов принадлежности, к которым относятся измерительные кабели и переходы, а также средства калибровки, приведены в таблицах 2.3 - 2.8. Указанные принадлежности поставляются по отдельному заказу. Комплект из одних принадлежностей может применяться в составе с несколькими приборами. Допускается использовать коммерчески доступные принадлежности любых производителей с аналогичными параметрами.

Принадлежности
<u>Кабели измерительные</u>
<u>Переходы измерительные</u>
<u>Автоматические калибровочные модули</u>
<u>Наборы мер</u>
<u>Ключи тарированные</u>

Измерительные кабели предназначены для подключения многопортовых исследуемых устройств (ИУ) к портам анализатора. Они должны обладать малой амплитудной и фазовой нестабильностью при изгибе. Рекомендуемые кабели указаны в таблице 2.3.

Таблица 2.3 Кабели измерительные

Наименование	Обозначение	Производитель
Прецизионные		
Кабель измерительный	TESTPRO3	Radiall
Кабель измерительный	NTC195	Flexco Microwave
Общего применения		
Кабель измерительный	C50	Планар
Кабель измерительный	KC18A, КСФ26	НПФ Микран
Кабель измерительный	CBL	Mini-Circuits

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

Для предотвращения поломки кабелей и улучшения повторяемости измерений следует использовать переходы. Перечень рекомендуемых переходов указан в таблице 2.4.

Таблица 2.4 Переходы измерительные

Наименование	Обозначение	Производитель
Прецизионные		
Переход измерительный	05S121, 05K121, 03S121, 03K121, 03S105, 03K105, 03KR121, 03KR105	Rosenberger
Переход измерительный	ПК2, ПКН2	НПФ Микран

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

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

Для калибровки анализаторов могут использоваться автоматические калибровочные модули, 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 таблицах 2.5 - 2.6, требования к параметрам нагрузок из состава наборов мер перечислены в таблице 2.7.

Таблица 2.5 Автоматические калибровочные модули

Наименование	Обозначение	Производитель
Прецизионные		
Автоматический калибровочный модуль	АСМ, АСР	Планар

Примечание – Количество и типы автоматических калибровочных модулей определяются при заказе.

Таблица 2.6 Наборы мер

Наименование	Обозначение	Производитель
Прецизионные		
Набор мер коэффициентов передачи и отражения	ZV-Z270, ZV-Z235	Rohde & Schwarz
Общего применения		
Набор мер коэффициентов передачи и отражения	85032F, 85054B, 85033E, 85052B	Keysight Technologies
Набор мер коэффициентов передачи и отражения	НКММ	НПФ Микран
Комплект мер калибровочных	N9.1, N18.1	Планар
Примечание - Количество и типы наборов калибровочных мер определяются при заказе.		

Таблица 2.7 Рекомендуемые параметры нагрузок из состава набора мер

Наименование характеристики	Значение характеристики
Модуль коэффициента отражения нагрузок согласованных, не более	0,050
Абсолютная погрешность определения действительных значений модуля коэффициента отражения нагрузок согласованных в диапазоне частот:	
от 0 до 10 ГГц	±0,005
свыше 10 до 20 ГГц	±0,008
Модуль коэффициента отражения нагрузок короткозамкнутых и холостого хода, не менее	0,970

Продолжение таблицы 2.7

Наименование характеристики	Значение характеристики
Абсолютная погрешность определения действительных значений фазы коэффициента отражения нагрузок короткозамкнутых и холостого хода в диапазоне частот, градус:	
от 0 до 10 ГГц	$\pm 1,0$
свыше 10 до 20 ГГц	$\pm 1,5$

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 1,1 до 1,7 Н·м для соединителей тип N и III;

от 0,8 до 1,0 Н·м для соединителей тип 3,5 мм и IX.

Перечень рекомендуемых ключей приведен в таблице 2.8.

Таблица 2.8 Ключи тарированные

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

Примечание – Количество и типы ключей определяются при заказе.

2.3 Технические характеристики

2.3.1 Основные технические характеристики

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 0 дБм.

Для получения указанных в таблице 2.9 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. В этом случае для определения действительных значений погрешности необходимо использовать МИ 3411-2013 «Государственная система обеспечения единства измерений. Анализаторы цепей векторные. Методика определения метрологических характеристик».

Метрологические и технические характеристики анализаторов приведены в таблицах 2.9 и 2.10, нескорректированные параметры в таблице 2.11, эффективные (скорректированные) параметры в таблице 2.12.

Таблица 2.9 Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение характеристики
Диапазон рабочих частот, МГц:	
C1205	от 0,1 до 4800
C1207	от 0,1 до 7000
C1209, C1409, C2209, C2409, C4209, C4409 ¹⁾	от 0,1 до 9000
C1214	от 0,1 до 14000
C1220, C1420, C2220, C2420, C4220, C4420	от 0,1 до 20000
Пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты выходного сигнала	$\pm 2 \times 10^{-6}$
Диапазон установки уровня выходной мощности, дБм:	
C1205	от минус 60 до плюс 10
C1207, C1209, C1409, C2209, C2409, C4209, C4409	от минус 60 до плюс 15
C1214, C1220, C1420, C2220, C2420, C4220, C4420	от минус 60 до плюс 10
Пределы допускаемой относительной погрешности установки уровня выходной мощности, дБ	$\pm 1,5$
Диапазон измерений модуля коэффициента отражения	от 0 до 1
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля коэффициента отражения ^{2), 3), 4)}	$\pm [Ed + (Er-1) \cdot S_{ii} + Es \cdot S_{ii} ^2]$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений фазы коэффициента отражения, градус ⁵⁾	$\pm [1,0 + (180/\pi) \cdot \arcsin(\Delta S_{ii} / S_{ii})]$
Диапазон измерений модуля коэффициента передачи в диапазоне частот, дБ:	
C1205:	
от 100 кГц до 1 МГц	от минус 90 до 10
свыше 1 МГц до верхней границы	от минус 133 до 10

Наименование характеристики	Значение характеристики
C1207, C1209, C1409, C2209, C2409, C4209, C4409:	
от 100 кГц до 1 МГц	от минус 90 до 15
свыше 1 МГц до 8 ГГц	от минус 133 до 15
свыше 8 ГГц до верхней границы	от минус 123 до 15
C1214, C1220, C1420, C4220, C4420:	
от 100 кГц до 1 МГц	от минус 100 до 0
свыше 1 МГц до верхней границы	от минус 123 до 10
C2220, C2420:	
от 100 кГц до 1 МГц	от минус 100 до 0
свыше 1 МГц до верхней границы	от минус 120 до 10
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля коэффициента передачи ^{6), 7)}	$\pm S_{ji} \cdot [(Et-1) + Es \cdot S_{ii} + EL \cdot S_{jj} + Ex \cdot S_{ji} ^{-1} + L \cdot S_{ji} ^2]$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений фазы коэффициента передачи, градус ⁸⁾	$\pm [0,5 + (180/\pi) \cdot \arcsin(\Delta S_{ji} / S_{ji})]$
Уровень собственного шума приёмников в диапазоне частот, дБм/Гц, не более:	
C1205, C1207, C1209, C1409, C2209, C2409, C4209, C4409:	
от 100 кГц до 1 МГц	минус 100
свыше 1 МГц до 8 ГГц	минус 143
свыше 8 ГГц до верхней границы	минус 133
C1214, C1220, C1420, C4220, C4420:	
от 100 кГц до 1 МГц	минус 110
свыше 1 МГц до верхней границы	минус 133
C2220, C2420:	
от 100 кГц до 1 МГц	минус 110
свыше 1 МГц до верхней границы	минус 130

Наименование характеристики	Значение характеристики
Среднее квадратическое отклонение трассы при измерении модуля коэффициентов передачи и отражения в диапазоне частот и полосе фильтра промежуточной частоты 3 кГц, дБ, не более:	
C1205, C1207, C1209, C1409, C2209, C2409, C4209, C4409:	
от 100 кГц до 1 МГц	0,005
свыше 1 МГц до верхней границы	0,001
C1214, C1220, C1420, C2220, C2420, C4220, C4420:	
от 100 кГц до 1 МГц	0,020
свыше 1 МГц до верхней границы	0,001

Примечания:

1) Верхняя граница диапазона рабочих частот для C4209, C4409 составляет 9600 МГц. Метрологические характеристики для указанных анализаторов в диапазоне частот свыше 9000 МГц не нормируются.

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

3) 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.

4) В формуле приняты следующие обозначения:

Ed – эффективная направленность;

Er – эффективный трекинг отражения;

Es – эффективное согласование источника.

Эффективные (скорректированные) параметры анализаторов приведены в таблице 2.12.

Наименование характеристики	Значение характеристики
5) Погрешность фазы нормируется в диапазоне модуля коэффициента отражения $ S_{ii} $ от 0,018 до 1,000 (от минус 35 до 0 дБ).	
6) В формуле приняты следующие обозначения:	
$ S_{ji} $ – действительный (или измеренный) модуль коэффициента передачи в линейном масштабе;	
$ S_{ii} $ 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.	
7) В формуле приняты следующие обозначения:	
Et – эффективный трекинг передачи;	
El – эффективное согласование нагрузки;	
$L = L0 \cdot 10^{P_{ВЫХ}/10}$ – коэффициент, характеризующий нелинейность амплитудной характеристики приёмников;	
$P_{ВЫХ}$ – уровень выходной мощности при измерении, дБм;	
$E_x = 10^{(D + 10 \cdot \lg(\Delta f_{ПЧ.М} / \Delta f_{ПЧ.Н}) - P_{ВЫХ})/20}$ – максимальный уровень собственного шума (изоляция);	
D – нижняя граница диапазона измерений модуля коэффициента передачи, дБ;	
$\Delta f_{ПЧ.М}$ – ширина полосы пропускания фильтра промежуточной частоты при измерении, Гц;	
$\Delta f_{ПЧ.Н}$ – номинальная ширина полосы пропускания фильтра промежуточной частоты, равная 1 Гц.	
Эффективные (скорректированные) параметры приведены в таблице 2.12. Параметры E_x и $L0=L$ указаны для уровня выходной мощности 0 дБм и полосы фильтра промежуточной частоты 1 Гц.	
8) В формуле $\Delta S_{ji} $ и $ S_{ji} $ приведены в линейном масштабе.	

Таблица 2.10 Основные технические характеристики

Наименование характеристики	Значение характеристики
Количество измерительных портов:	
C1205, C1207, C1209, C1214, C1220, C2209, C2220, C4209, C4220	2
C1409, C1420, C2409, C2420, C4409, C4420	4
Параметры измерительных портов:	
тип соединителей:	
C1205, C1207, C1209, C1214, C1409, C2209, C2409, C4209, C4409	N, розетка
C1220, C1420, C2220, C2420, C4220, C4420	NMD 3,5 мм, вилка
волновое сопротивление, Ом	50
нескорректированные параметры, дБ, не менее	приведены в таблице 2.11
Подключение к компьютеру для управления:	
тип соединителя	USB B
интерфейс	USB 2.0
Напряжение питания от сети переменного тока частотой 50 Гц, В	от 198 до 242
Потребляемая мощность, Вт, не более:	
C1205, C1207, C1209, C2209	40
C1214, C1220, C2220	110
C1409, C2409	75
C1420, C2420	200
C4209	75
C4409	145
C4220	145
C4420	270

Наименование характеристики	Значение характеристики
Время установления рабочего режима, мин, не более	40
Время непрерывной работы, ч, не менее	16
Габаритные размеры (длина×ширина×высота), мм, не более:	
C1205, C1207, C1209	425 × 235 × 96
C1409, C2209, C2409, C4209, C4409	355 × 440 × 96
C1214, C1220, C2220, C4220	430 × 440 × 140
C1420, C2420, C4420	600 × 440 × 140
Масса, кг, не более:	
C1205, C1207, C1209	5,5
C2209, C4209	7,0
C1409, C2409, C4409	10,0
C1214, C1220, C2220, C4220	14,0
C1420, C2420, C4420	22,0
Рабочие условия эксплуатации:	
температура окружающего воздуха, °C	от плюс 5 до плюс 40
относительная влажность воздуха при температуре плюс 25 °C, %, не более	90
атмосферное давление, кПа	от 70,0 до 106,7

Таблица 2.11 Нескорректированные параметры

Диапазон частот	Направлен- ность, дБ	Согласование источника, дБ	Согласование нагрузки, дБ
C1205, C1207, C1209, C1409, C4209, C4409			
от 100 кГц до 1 МГц	12	12	12
св. 1 МГц до верхней грани- цы	18	20	20
C2209, C2409			
от 100 кГц до 1 МГц	12	12	12
св. 1 МГц до верхней грани- цы	15	15	15
C1214, C1220, C1420, C2220, C2420, C4220, C4420			
от 100 кГц до 1 МГц	10	10	10
св. 1 МГц до 10 ГГц	20	15	15
св. 10 ГГц до верхней грани- цы	15	15	15

Таблица 2.12 Эффективные (скорректированные) параметры

Диапазон частот	E_d	E_s	E_l	(E_r-1)	(E_t-1)	E_x	L_0
C1205							
от 100 кГц до 1 МГц	0,005	0,010	0,005	0,006	0,012	$3,2 \cdot 10^{-5}$	$1,15 \cdot 10^{-3}$
св. 1 МГц до верхней границы	0,005	0,010	0,005	0,006	0,006	$2,2 \cdot 10^{-7}$	$1,15 \cdot 10^{-3}$
C1207, C1209, C1409, C2209, C2409, C4209, C4409							
от 100 кГц до 1 МГц	0,005	0,010	0,005	0,006	0,012	$3,2 \cdot 10^{-5}$	$3,6 \cdot 10^{-4}$
св. 1 МГц до 8 ГГц	0,005	0,010	0,005	0,006	0,006	$2,2 \cdot 10^{-7}$	$3,6 \cdot 10^{-4}$
св. 8 ГГц до 9 ГГц	0,005	0,010	0,005	0,006	0,006	$0,7 \cdot 10^{-6}$	$3,6 \cdot 10^{-4}$
C1214, C1220, C1420, C4220, C4420							
от 100 кГц до 1 МГц	0,005	0,010	0,005	0,006	0,023	$1,0 \cdot 10^{-5}$	0,0
св. 1 МГц до 10 ГГц	0,005	0,010	0,005	0,006	0,006	$0,7 \cdot 10^{-6}$	$1,15 \cdot 10^{-3}$
св. 10 ГГц до верхней границы	0,008	0,013	0,008	0,012	0,006	$0,7 \cdot 10^{-6}$	$1,15 \cdot 10^{-3}$
C2220, C2420							
от 100 кГц до 1 МГц	0,005	0,010	0,005	0,006	0,023	$1,0 \cdot 10^{-5}$	0,0
св. 1 МГц до 10 ГГц	0,005	0,010	0,005	0,006	0,006	$1,0 \cdot 10^{-6}$	$1,15 \cdot 10^{-3}$
св. 10 ГГц до верхней границы	0,008	0,013	0,008	0,012	0,006	$1,0 \cdot 10^{-6}$	$1,15 \cdot 10^{-3}$

Таблица 2.13 Дополнительная форма представления погрешности измерений для анализаторов С1205¹⁾, С1207, С1209, С1409, С2209, С2409, С4209, С4409

Наименование характеристики	Значение характеристики
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля и фазы коэффициента отражения в диапазоне его значений:	
от минус 15 до 0 дБ	$\pm 0,4$ дБ / $\pm 3^\circ$
от минус 25 до минус 15 дБ	$\pm 1,0$ дБ / $\pm 6^\circ$
от минус 35 до минус 25 дБ	$\pm 3,0$ дБ / $\pm 20^\circ$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля и фазы коэффициента передачи в диапазоне его значений в диапазоне частот, дБ:	
от 100 кГц до 1 МГц	
от плюс 5 до плюс 15 дБ	$\pm 0,2$ дБ / $\pm 2^\circ$
от минус 30 до плюс 5 дБ	$\pm 0,1$ дБ / $\pm 1^\circ$
от минус 50 до минус 30 дБ	$\pm 0,2$ дБ / $\pm 2^\circ$
от минус 70 до минус 50 дБ	$\pm 1,0$ дБ / $\pm 6^\circ$
свыше 1 МГц до 8 ГГц	
от плюс 5 до плюс 15 дБ	$\pm 0,2$ дБ / $\pm 2^\circ$
от минус 70 до плюс 5 дБ	$\pm 0,1$ дБ / $\pm 1^\circ$
от минус 90 до минус 70 дБ	$\pm 0,2$ дБ / $\pm 2^\circ$
от минус 110 до минус 90 дБ	$\pm 1,0$ дБ / $\pm 6^\circ$
свыше 8 ГГц до верхней границы	
от плюс 5 до плюс 15 дБ	$\pm 0,2$ дБ / $\pm 2^\circ$
от минус 60 до плюс 5 дБ	$\pm 0,1$ дБ / $\pm 1^\circ$
от минус 80 до минус 60 дБ	$\pm 0,2$ дБ / $\pm 2^\circ$
от минус 100 до минус 80 дБ	$\pm 1,0$ дБ / $\pm 6^\circ$
Эффективные параметры в диапазоне частот:	
от 100 кГц до 1 МГц	
направленность, дБ, не менее:	46
согласование источника, дБ, не менее	40
согласование нагрузки, дБ, не менее	46
трекинг отражения, дБ	$\pm 0,05$
трекинг передачи, дБ	$\pm 0,10$
свыше 1 МГц до верхней границы	
направленность, дБ, не менее:	46
согласование источника, дБ, не менее	40

Наименование характеристики	Значение характеристики
согласование нагрузки, дБ, не менее	46
трекинг отражения, дБ	$\pm 0,05$
трекинг передачи, дБ	$\pm 0,05$

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

¹⁾ – для анализатора C1205 верхняя граница диапазона измерений модуля коэффициента передачи 10 дБ.

Таблица 2.14 Дополнительная форма представления погрешности измерений для анализаторов С1214, С1220, С1420, С2220, С2420, С4220, С4420

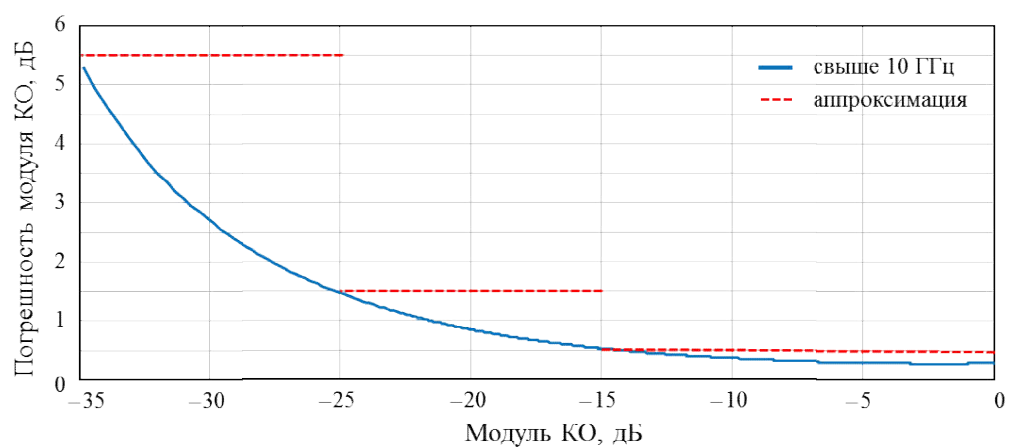
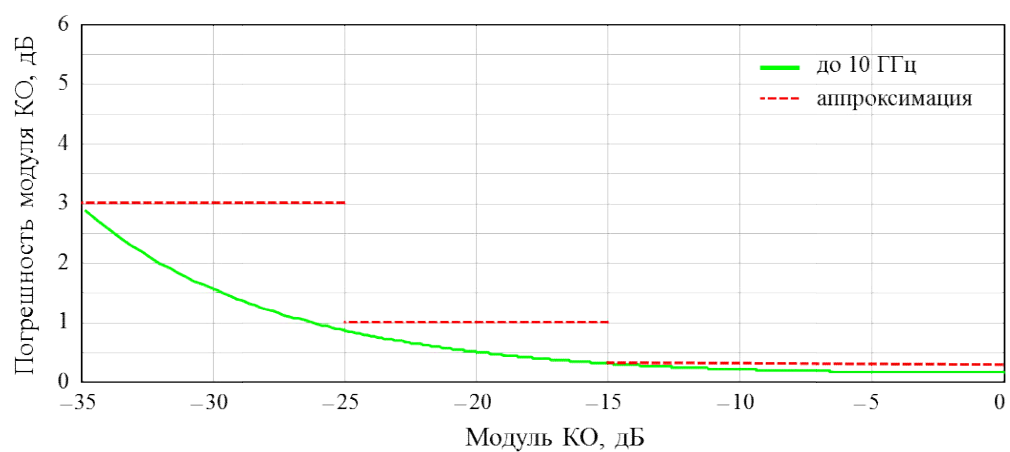
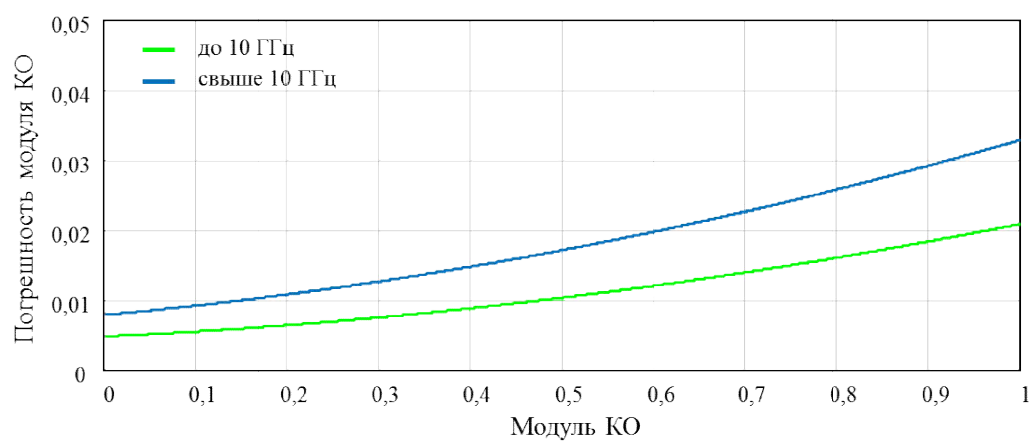
Наименование характеристики	Значение характеристики
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля и фазы коэффициента отражения в диапазоне его значений в диапазоне частот:	
от 100 кГц до 10 ГГц	
от минус 15 до 0 дБ	$\pm 0,4$ дБ / $\pm 3^\circ$
от минус 25 до минус 15 дБ	$\pm 1,0$ дБ / $\pm 6^\circ$
от минус 35 до минус 25 дБ	$\pm 3,0$ дБ / $\pm 20^\circ$
свыше 10 ГГц до верхней границы	
от минус 15 до 0 дБ	$\pm 0,5$ дБ / $\pm 4^\circ$
от минус 25 до минус 15 дБ	$\pm 1,5$ дБ / $\pm 10^\circ$
от минус 35 до минус 25 дБ	$\pm 5,5$ дБ / $\pm 30^\circ$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля и фазы коэффициента передачи в диапазоне его значений в диапазоне частот, дБ:	
от 100 кГц до 1 МГц	
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 / $\pm 7^\circ$
свыше 1 МГц до верхней границы	
от 0 до плюс 10 дБ	$\pm 0,2$ дБ / $\pm 2^\circ$
от минус 60 до 0 дБ	$\pm 0,1$ дБ / $\pm 1^\circ$
от минус 80 до минус 60 дБ	$\pm 0,2$ дБ / $\pm 2^\circ$
от минус 100 до минус 80 дБ	$\pm 1,0$ дБ / $\pm 6^\circ$
Эффективные параметры в диапазоне частот:	
от 100 кГц до 1 МГц	
направленность, дБ, не менее:	46
согласование источника, дБ, не менее	40
согласование нагрузки, дБ, не менее	46
трекинг отражения, дБ	$\pm 0,05$
трекинг передачи, дБ	$\pm 0,20$

Наименование характеристики	Значение характеристики
свыше 1 МГц до 10 ГГц	
направленность, дБ, не менее:	46
согласование источника, дБ, не менее	40
согласование нагрузки, дБ, не менее	46
трекинг отражения, дБ	$\pm 0,05$
трекинг передачи, дБ	$\pm 0,05$
свыше 10 ГГц до верхней границы	
направленность, дБ, не менее:	42
согласование источника, дБ, не менее	38
согласование нагрузки, дБ, не менее	42
трекинг отражения, дБ	$\pm 0,10$
трекинг передачи, дБ	$\pm 0,05$

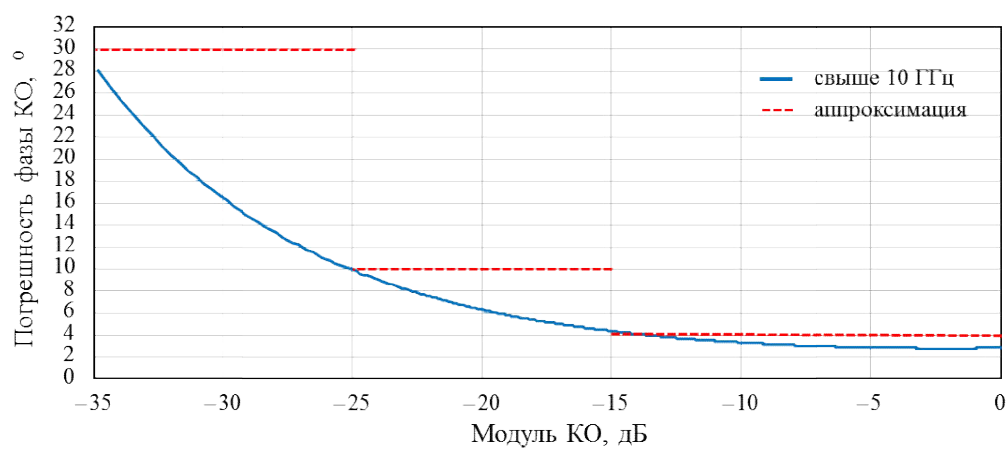
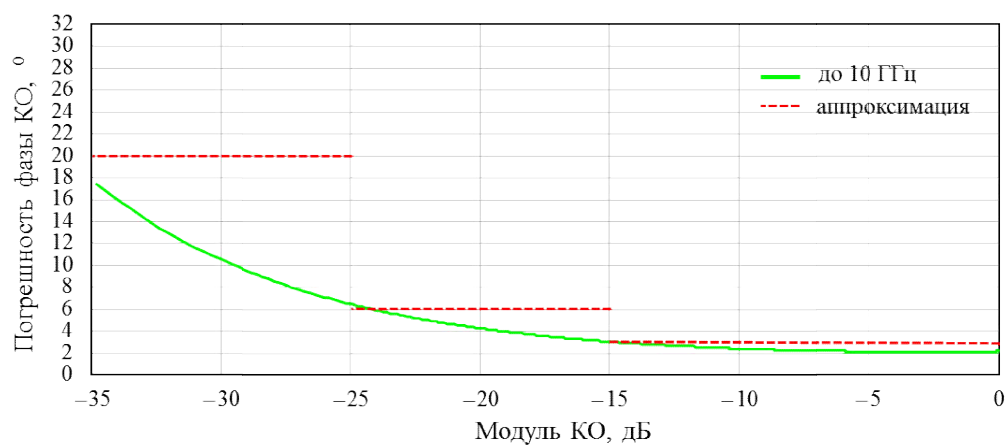
Примечание – Характеристики, указанные в настоящей таблице, являются справочными и предназначены для упрощения расчета погрешности модуля и фазы коэффициентов передачи и отражения во время эксплуатации.

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

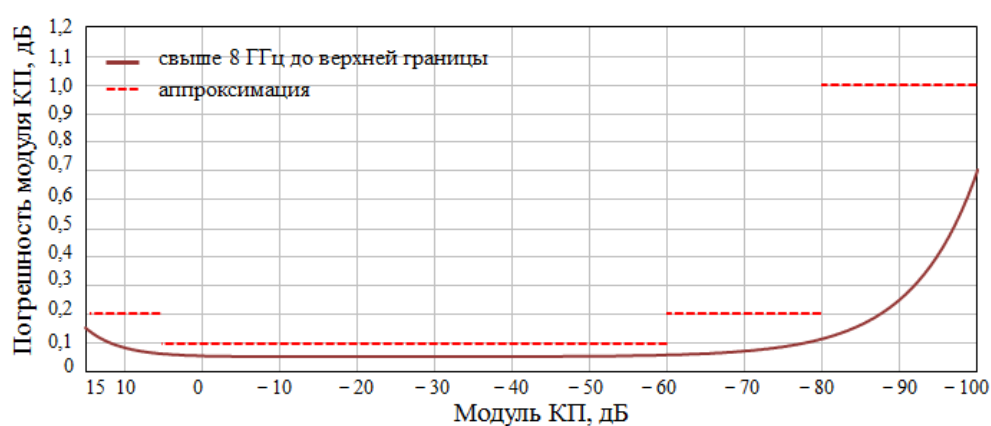
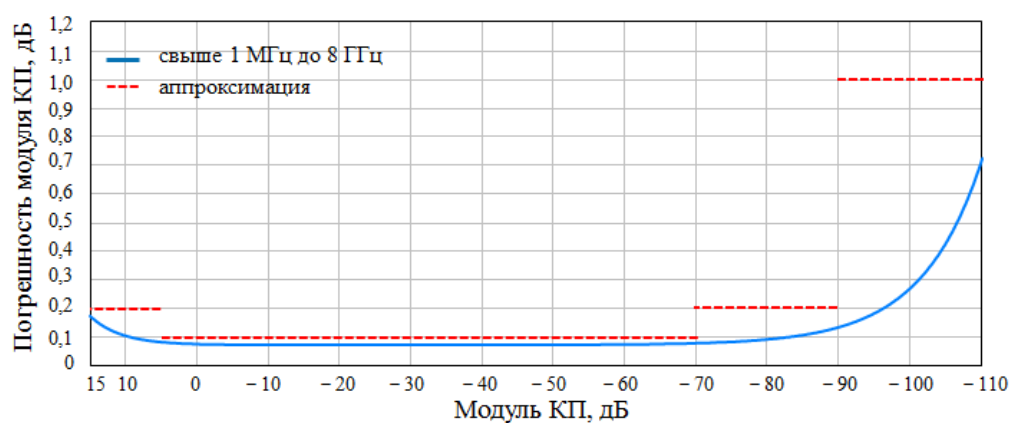
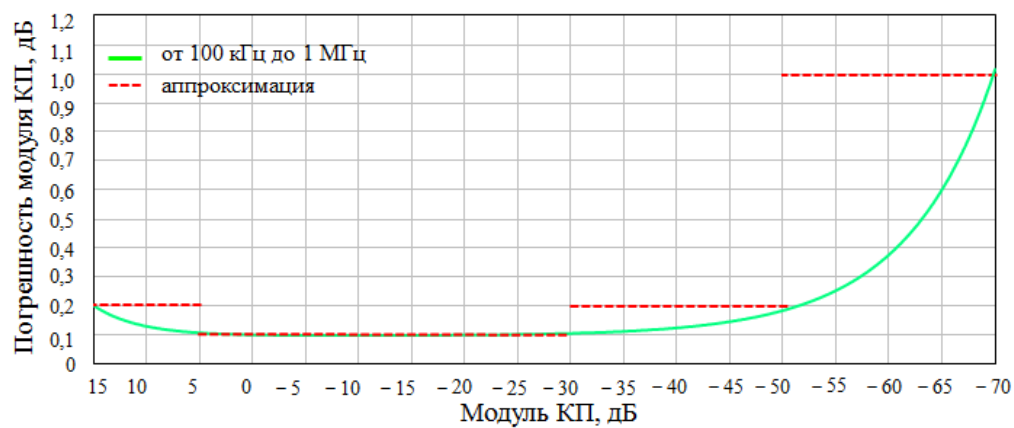
Погрешность измерений модуля коэффициента отражения



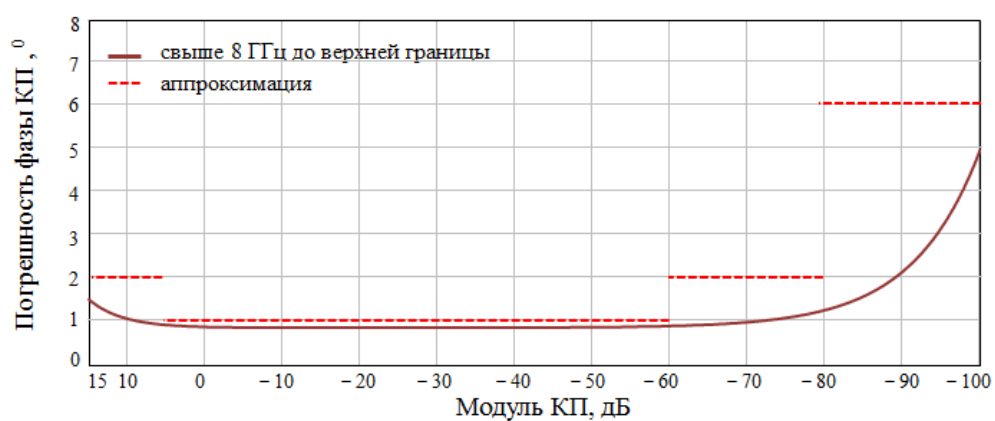
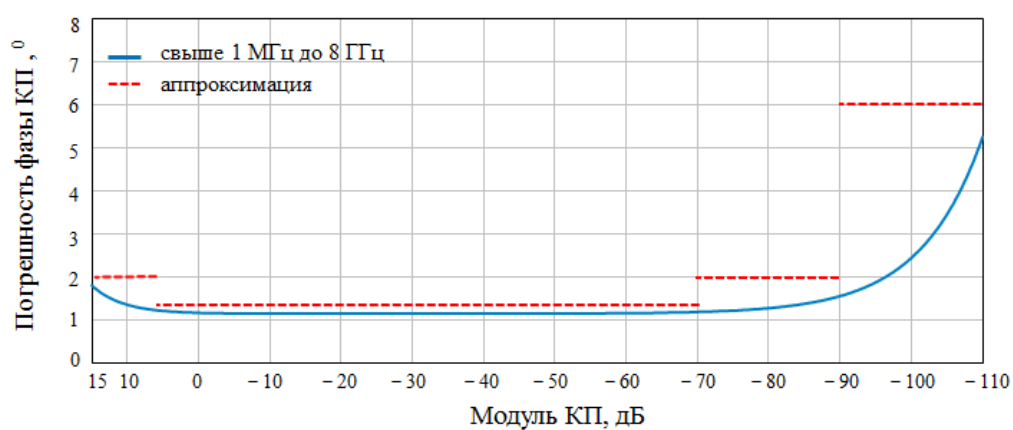
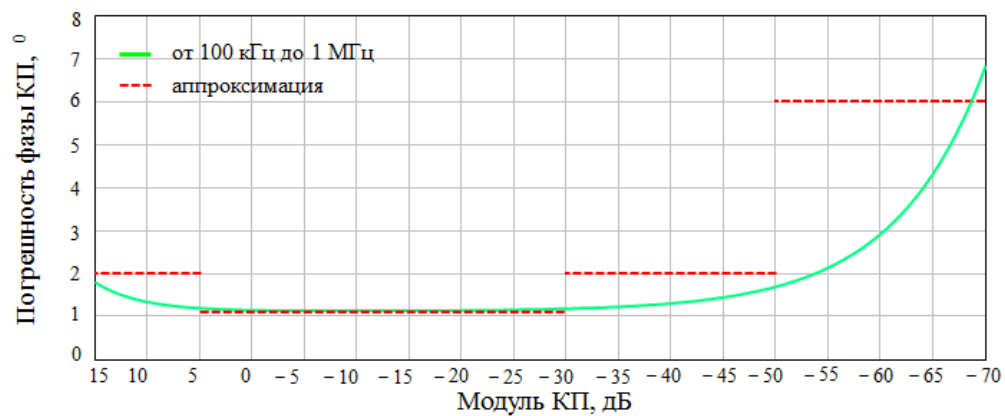
Погрешность измерений фазы коэффициента отражения



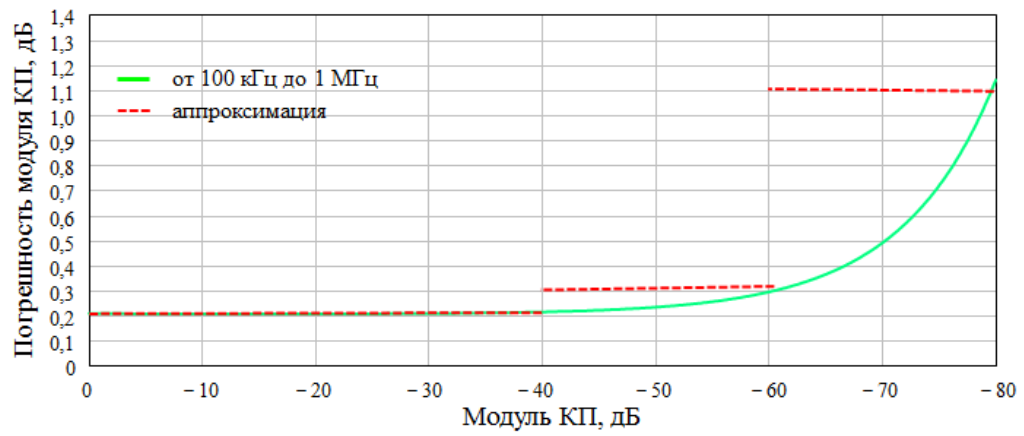
Погрешность измерений модуля коэффициента передачи
согласованных устройств анализаторов С1205, С1207, С1209, С1409, С2209,
С2409, С4209, С4409



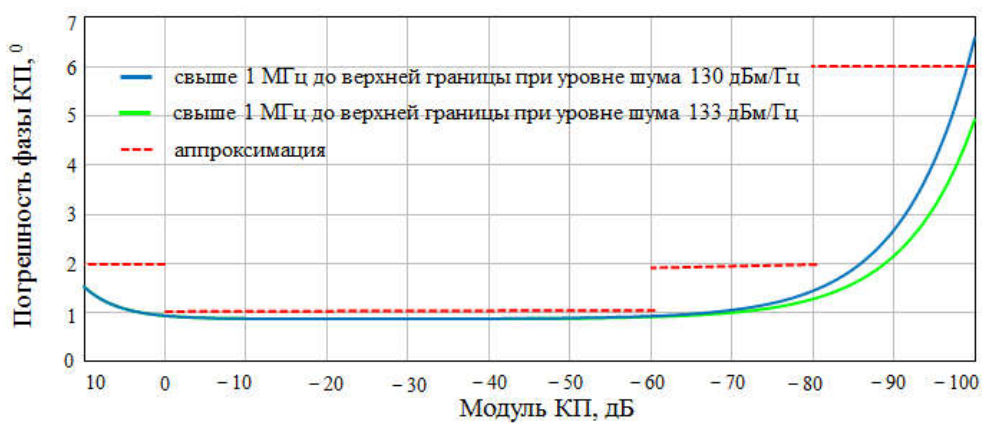
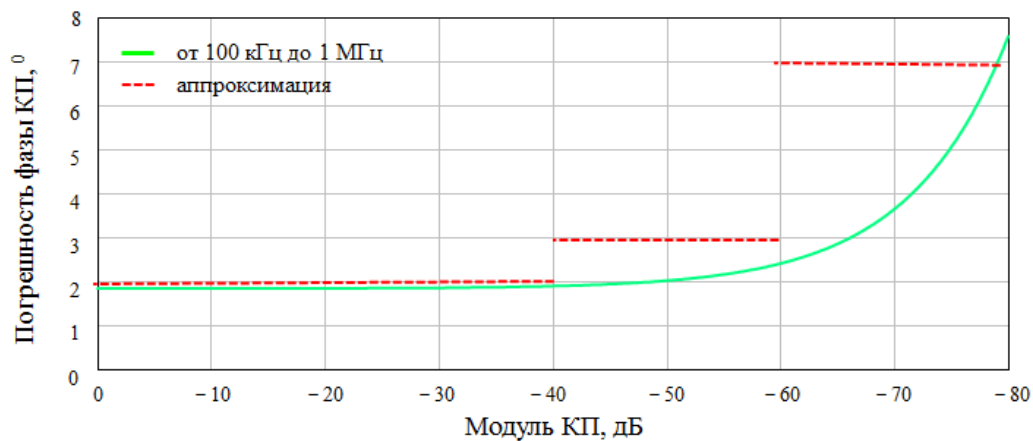
Погрешность измерений фазы коэффициента передачи
согласованных устройств анализаторов С1205, С1207, С1209, С1409, С2209,
С2409, С4209, С4409



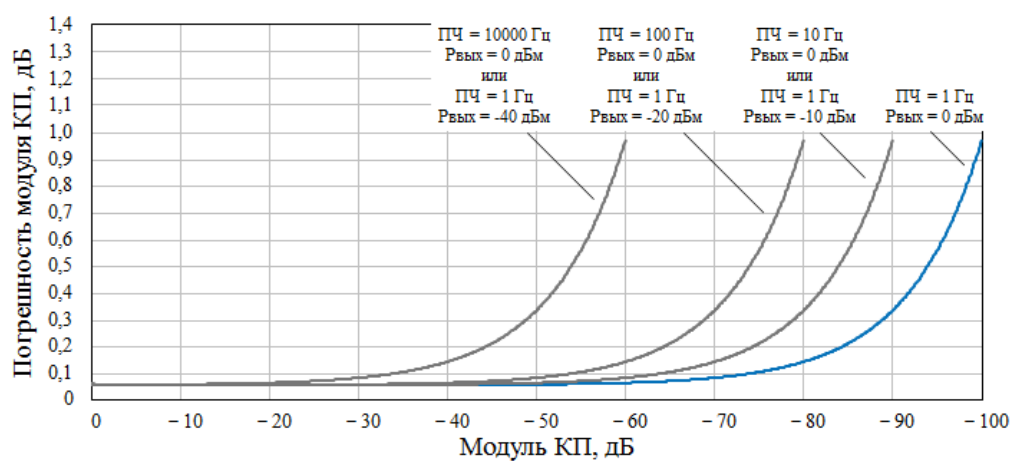
Погрешность измерений модуля коэффициента передачи
согласованных устройств анализаторов C1214, C1220, C1420, C2220,
C2420, C4220, C4420



Погрешность измерений фазы коэффициента передачи
согласованных устройств анализаторов C1214, C1220, C1420, C2220
C2420, C4220, C4420



Погрешность измерений модуля коэффициента передачи согласованных устройств в зависимости от полосы пропускания фильтра промежуточной частоты и уровня выходной мощности



2.3.2 Справочные технические характеристики

Таблица 2.15 Справочные технические характеристики

Наименование характеристики	Значение характеристики
Частота	
Нестабильность частоты в рабочем диапазоне температур	$\pm 2 \times 10^{-6}$
Минимальный шаг установки частоты, Гц	1
Минимальное время измерения на одной частоте, мкс	
C1205, C1207, C1209, C1409, C2209, C2409, C4209, C4409	10
C1214, C1220, C1420, C2220, C2420, C4220, C4420	12
Время переключения порта источника на порт приёмника, мс, не более	10
Время измерений при количестве точек 1601 в рабочем диапазоне частот, полосе пропускания фильтра промежуточной частоты 1 МГц и выполненной двухпортовой калибровки, мс	
C1205, C1207, C1209, C1409, C2209, C2409, C4209, C4409	33,3
C1214, C1220, C1420, C2220, C2420, C4220, C4420	40,8
Количество точек измерения за сканирование	от 1 до 500001
Выходная мощность	
Минимальный шаг изменения выходной мощности, дБ	0,05
Спектр выходного сигнала	
Относительный уровень гармонических составляющих спектра выходного сигнала в диапазоне частот, дБн, не более ¹⁾	минус 25
Относительный уровень негармонических составляющих спектра выходного сигнала, дБн, не более ¹⁾	минус 30
Примечание:	
1) Уровень гармонических и негармонических составляющих определяется в диапазоне частот от 1 МГц до верхней границы и при выходной мощности 0 дБм для C1205, C1207, C1209, C1409, C2209, C2409, C4209, C4409 и минус 5 дБм для C1214, C1220, C1420, C2220, C2420, C4220, C4420.	

Наименование характеристики	Значение характеристики
Динамический диапазон	
Динамический диапазон при полосе пропускания фильтра промежуточной частоты 1 Гц, дБ, не менее	
C1205	
от 100 кГц до 1 МГц	110
свыше 1 МГц до верхней границы	153
C1207, C1209, C1409, C2209, C2409, C4209, C4409	
от 100 кГц до 1 МГц	115
свыше 1 МГц до 8 ГГц	158
свыше 8 ГГц до верхней границы	148
C1214, C1220, C1420, C4220, C4420	
от 100 кГц до 1 МГц	120
свыше 1 МГц до верхней границы	143
C2220, C2420	
от 100 кГц до 1 МГц	120
свыше 1 МГц до верхней границы	140
Коэффициент передачи и отражения	
Отклонение результата измерений 0 дБ модуля коэффициента передачи и отражения при изменении температуры окружающей среды, дБ/°С, не более	0,02
Предельные входные сигналы	
Максимально допустимый уровень входной мощности на измерительном порту, дБм	плюс 26
Максимально допустимое входное напряжение постоянного тока на измерительном порту, В	35
Опорный генератор	
Вход внешнего опорного генератора «10 MHz Ref In»:	
частота опорного генератора, МГц	10
уровень мощности входного сигнала, дБм	от 0 до 4
входное сопротивление, Ω	50

Наименование характеристики	Значение характеристики
тип соединителя	BNC, розетка
Выход опорного генератора «10 MHz Ref Out»:	
частота опорного генератора, МГц	10
Уровень мощности выходного сигнала на нагрузке 50 Ω , дБм	от 1 до 5
тип соединителя	BNC, розетка
Триггер	
Вход триггера для внешнего запуска «Ext Trig In»:	
амплитуда входного сигнала (ТТЛ-совместимый), В	от 0 до 5
напряжение высокого уровня, В	от 2,7 до 5
напряжение низкого уровня, В	от 0 до 0,5
минимальная длительность, мкс	2
входное сопротивление, к Ω , не менее	10
тип соединителя	BNC, розетка
Выход триггера «Ext Trig Out»:	
напряжение высокого уровня, В	3,5
напряжение низкого уровня, В	0
максимальный выходной ток, мА	20
тип соединителя	BNC, розетка
Вольтметр постоянного тока	
Входы «AUX In1» и «AUX In2»	
диапазон измерений напряжения постоянного тока, В	от минус 1 до плюс 1 от минус 10 до плюс 10
пределы допускаемой относительной погрешности измерений напряжения постоянного тока, %	± 1
входное сопротивление, к Ω , не менее	10
количество каналов	2
тип соединителя	BNC, розетка

Наименование характеристики	Значение характеристики
Требования к компьютеру	
операционная система	Windows 7 и выше

2.3.3 Функциональные возможности

Функциональные возможности приборов разделены на следующие группы:

<u>Общие сведения</u>
<u>Управление источником сигнала</u>
<u>Возможности индикации</u>
<u>Калибровка</u>
<u>Калибровка мощности и приемников</u>
<u>Функции маркеров</u>
<u>Анализ данных</u>
<u>Измерение устройств с переносом частоты</u>
<u>Другие возможности</u>
<u>Удаленное управление</u>

Общие сведения	
Измеряемые параметры	S11,S21,S12,S22 для двухпортовых приборов S11, S12, S13, S14 S21, S22, S23, S24 S31, S32, S33, S34 S41,S42,S43,S44 для четырехпортовых приборов Абсолютная мощность сигнала на входе опорного и измерительного приёмника каждого порта.
Число каналов	От 1 до 16 логических каналов. Логический канал представлен в виде отдельного окна на экране. Логический канал определяет параметры стимулирующего сигнала: частотный диапазон, число точек измерения, мощность сигнала и другие.
Число графиков	От 1 до 16 графиков данных в каждом логическом канале. Графики представляют различные характеристики исследуемого устройства, включая S-параметры, графики отклика во временной области, графики зависимости от входной мощности и другие.
Память графиков	Каждый из 16 графиков данных в логическом канале может быть запомнен для последующего сравнения с текущими данными.
Форматы графиков	Амплитуда в логарифмическом масштабе, амплитуда в линейном масштабе, фаза, фаза расширенная, групповое время запаздывания, коэффициент стоячей волны по напряжению, реальная часть, мнимая часть, диаграмма Вольперта-Смита, полярная диаграмма.

Управление источником сигнала

Типы сканирования	Сканирование частоты с фиксированной мощностью: линейное, логарифмическое, сегментное. Сканирование мощности с фиксированной частотой: линейное.
Сегментное сканирование	Разновидность сканирования частоты с возможностью задания нескольких сегментов. В каждом сегменте задаются граничные частоты, число точек, мощность источника, полоса ПЧ.
Управление мощностью	В режиме сканирования частоты с фиксированной мощностью имеется возможность задать наклон уровня мощности для компенсации ослабления во внешних кабелях на высоких частотах.
Запуск развертки	Возможность выбора вида запуска развертки: повтор, однократно, стоп. Возможность выбора источника запуска: внутренний, ручной, внешний, программный.

Возможности индикации

Виды графиков	Выбор индицируемых графиков: измеряемые данные, память данных, либо одновременная индикация данных и памяти.
Математика	Возможность модификации графика данных путем осуществления математической операции между графиком данных и памятью. Математические операции включают: сложение, вычитание, умножение, деление комплексных чисел.
Автомасштабирование	Автоматический выбор цены деления и опорного уровня, с тем, чтобы график измеряемой величины занимал по возможности большую часть экрана.
Электрическая задержка	Смещение плоскости калибровки для компенсации задержки в измерительной установке. Компенсация электрической задержки в самом исследуемом устройстве при измерении отклонения фазы от линейного закона.
Смещение фазы	Позволяет ввести смещение графика фазы в градусах.

Калибровка	
Калибровка	Калибровка измерительной установки, включающей прибор, кабели и адаптеры, позволяет значительно снизить ошибки измерения. Калибровка позволяет скорректировать следующие систематические ошибки измерения, которые вызваны не идеальностью измерительной системы: амплитудная и фазовая неравномерность, конечная направленность, несогласованность порта источника и приемника, конечная развязка портов.
Виды калибровок	Приборы поддерживают различные виды калибровок, отличающиеся по сложности выполнения и по погрешности измерений: ▪ нормализация отражения и передачи; ▪ полная однопортовая калибровка; ▪ однонаправленная двухпортовая калибровка; ▪ полная 2/3/4-портовая калибровка; ▪ 2/3/4-портовая TRL калибровка.
Нормализация отражения и передачи	Наиболее простой вид калибровки. Обладает низкой точностью.
Полная однопортовая калибровка	Вид калибровки, который используется при измерении отражения однопортовых устройств. Обладает высокой точностью.
Однонаправленная двухпортовая калибровка	Вид калибровки, который используется при измерении отражения и передачи в одном направлении, например при измерении только S_{11} и S_{21} . Обладает высокой точностью при измерении отражения и средней точностью при измерении передачи.
Полная 2/3/4-портовая калибровка	Вид калибровки, который используется при измерении полной матрицы S-параметров 2/3/4-портового устройства. Метод так же называют SOLT: Short, Open, Load, Thru. Обладает высокой точностью.

2/3/4-портовая калибровка	TRL	Вид калибровки, который используется при измерении полной матрицы S-параметров 2/3/4-портового устройства. Поддерживаются также LRL и LRM модификации данной калибровки. Обладает более высокой точностью, чем полная 2/3/4-портовая калибровка.
Механические комплекты калибровочных мер		Пользователь может выбирать из заранее определенных комплектов калибровочных мер различных производителей или создавать определения собственных калибровочных мер.
Автоматические калибровочные модули		Автоматические калибровочные модули производства ПЛАНАР делают процесс калибровки быстрее и проще, чем традиционные механические комплекты калибровочных мер.
Калибровочная мера типа скользящая нагрузка (нагрузка с подвижным поглотителем)		Использование данного типа мер позволяет значительно повысить точность калибровки на высоких частотах по сравнению с фиксированной нагрузкой.
Калибровочная мера типа «неизвестная» перемычка		Использование произвольного взаимного четырехполюсника вместо нулевой перемычки в полной 2/3/4-портовой калибровке позволяет калибровать тестовую установку для измерения устройств с не присоединяемыми разъемами.
Определение калибровочных мер		Поддерживаются определения калибровочных мер как с помощью принятой в отрасли полиномиальной модели, так и на основе данных (S-параметров).
Интерполяция при коррекции ошибок		При изменении пользователем установок источника сигнала по отношению к калибровке, таких как граничные частоты или число точек, производится пересчет калибровочных коэффициентов с использованием интерполяции или экстраполяции.

Калибровка мощности и приемников

Калибровка мощности	Служит для более точного поддержания заданного уровня мощности на входе исследуемого устройства. Требуется применения внешнего измерителя мощности, подключаемого к USB порту непосредственно, либо через переход USB/GPIB.
Калибровка приемников	Калибрует усиление приемников при измерении абсолютной мощности сигнала.

Функции маркеров

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

Неравномерность	Функция показывает усиление, наклон характеристики, неравномерность в частотном диапазоне, ограниченном двумя маркерами.
Параметры фильтра	Функция показывает характеристики полосы пропускания и полосы заграждения фильтра: потери, отклонение пик-пик в полосе пропускания и значение заграждения. Полоса пропускания и полоса заграждения задаются с помощью двух пар маркеров.
Анализ данных	
Преобразование импеданса порта	Функция преобразования данных, измеренных при значении собственного волнового сопротивления порта 50Ω , в данные которые были бы получены при произвольном значении волнового сопротивления порта.
Исключение цепи	Функция, позволяющая математически исключить влияние цепи, включенной между плоскостью калибровки портов и исследуемым устройством. Цепь должна быть определена матрицей S-параметров, как файл формата Touchstone.
Встраивание цепи	Функция, позволяющая математически получить характеристики нового устройства, полученного встраиванием цепи между плоскостью калибровки портов и исследуемым устройством. Цепь должна быть определена матрицей S-параметров, как файл формата Touchstone.
Преобразование параметров устройства	Возможно преобразование измеряемых S-параметров в следующие характеристики устройства: входное сопротивление и проводимость, проходное сопротивление и проводимость, инверсия S-параметров.

Временная область	Функция преобразования данных из частотной области в отклик устройства во временной области на различные виды сигналов. Вид моделируемых входных сигналов: радиоимпульс, видеоимпульс, видеоперепад. Диапазон временной области задается пользователем произвольно от нуля до максимума, который определяется установленным шагом по частоте. Используются различные формы окон для достижения компромисса между разрешающей способностью и уровнем паразитных боковых лепестков.
Временная селекция	Функция математического устранения нежелательных откликов во временной области, позволяет получить частотную характеристику устройства без влияния устройств подключения. Функция использует преобразование во временную область, вырезает заданную пользователем временную область, и использует обратное преобразование для возврата в частотную область. Возможен выбор вида фильтра временной селекции: полосовой или режекторный. Для достижения компромисса между разрешающей способностью и уровнем паразитных боковых лепестков предусмотрены различные формы фильтра: широкая, норма, минимум.
Балансные измерения	Функция балансных измерений, для S1409, S1420, 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.

Скалярная калибровка смесителей

Наиболее точный метод калибровки, используемый при измерении смесителей в режиме смещения частоты. Использует калибровочные меры XX, K3, нагрузку. Требуется применения внешнего измерителя мощности, подключаемого к USB порту непосредственно, либо через переход USB/GPIB.

Векторная калибровка смесителей

Метод калибровки, используемый при векторном измерении смесителей. Использует калибровочные меры XX, K3, нагрузку.

Автоматическая подстройка частоты смещения

В режиме смещения частоты позволяет автоматически подстраивать частоту, компенсируя погрешность установки внутреннего гетеродина в исследуемом смесителе.

Другие возможности

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

Удаленное управление

COM/DCOM, TCP/IP Socket	Программное обеспечение прибора, работающее на компьютере под управлением ОС Windows, поддерживает следующие протоколы управления прибором и обмена данными с ним: 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

Анализаторы отличаются друг от друга верхней границей диапазона рабочих частот, количеством измерительных портов, расположенных на передней панели, наличием соединителей для прямого доступа к входам измерительных и опорных приемников, а также наличием соединителей для подключения расширителей по частоте.

Анализаторы состоят из измерительного блока, выполняющего функцию компаратора, и принадлежностей, к которым относятся измерительные кабели и переходы, а также средства калибровки.

Измерительный блок или компаратор обеспечивает формирование зондирующего сигнала в широком диапазоне частот и мощностей с последующим выделением падающего, прошедшего через исследуемое устройство и отраженного от его входов сигналов, формирование напряжений, пропорциональных этим сигналам с помощью приёмника с преобразованием частоты и предварительную цифровую обработку. Принцип действия основан на измерении отношения амплитуд и разности фаз сигнала источника и сигналов прошедшего или отраженного от исследуемого устройства. Окончательный расчет и отображение результатов измерений комплексных коэффициентов передачи и отражения, как функцию отношений амплитуд и разности фаз от частоты источника сигнала, выполняет внешний управляющий компьютер. Связь с компьютером осуществляется через USB-интерфейс.

Измерительные кабели предназначены для подключения многопортовых исследуемых устройств к портам анализатора. 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. Для калибровки анализаторов могут использоваться автоматические калибровочные модули, наборы мер с резистивными согласованными нагрузками или с согласованными нагрузками с подвижным поглотителем, а также наборы мер с отрезками прецизионных линий передачи.

Анализатор объединяет в одном малогабаритном металлическом корпусе: генераторы испытательного и гетеродинного сигналов, аттенюаторы регулировки мощности, направленные ответвители, многоканальный приёмник, блок управления на базе сигнального процессора и блок питания. Укрупненные структурные схемы двухпортовых и четырехпортовых приборов приведены на рисунках 2.1 - 2.2.

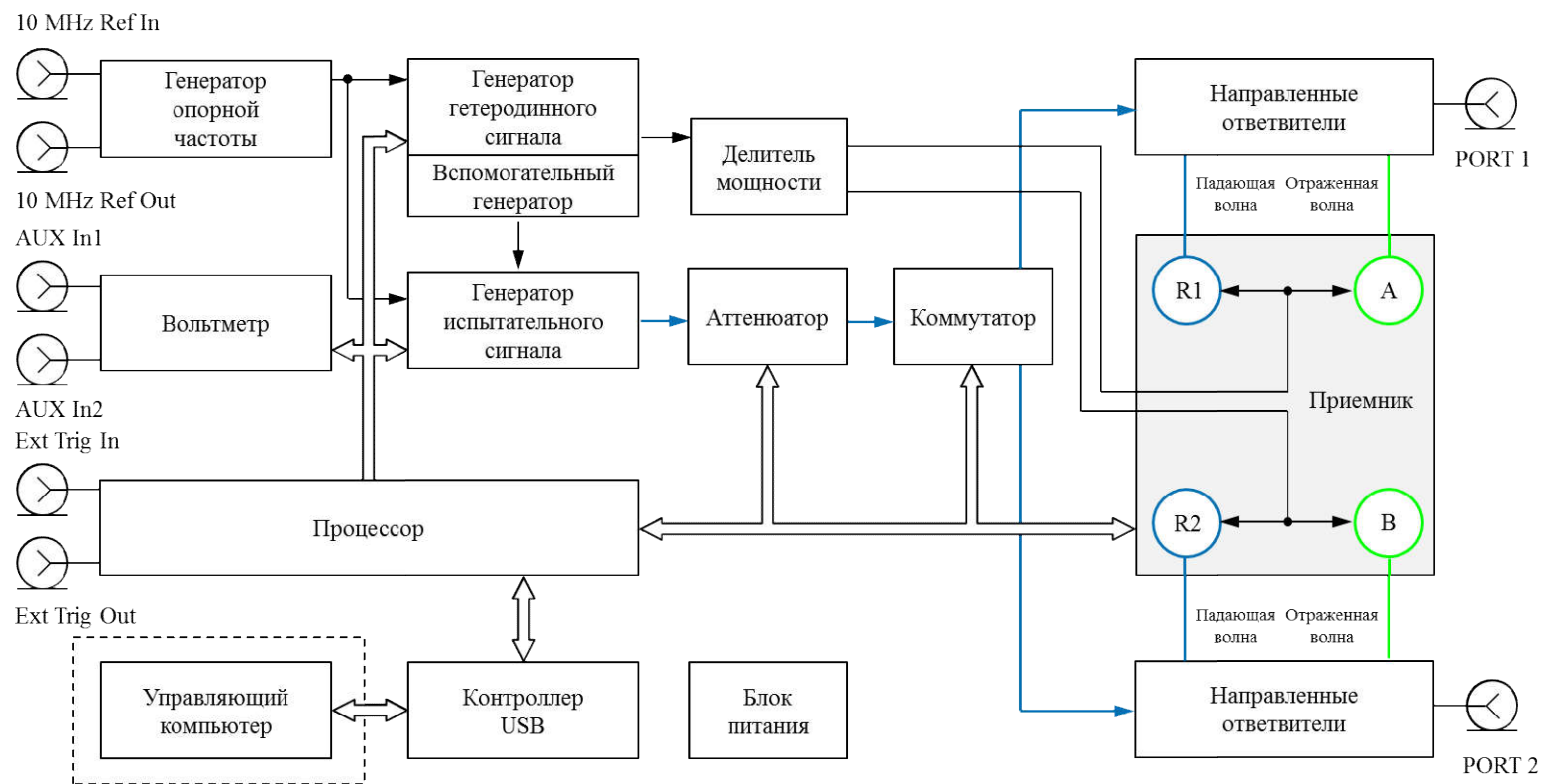


Рисунок 2.1 Структурная схема приборов, имеющих два измерительных порта

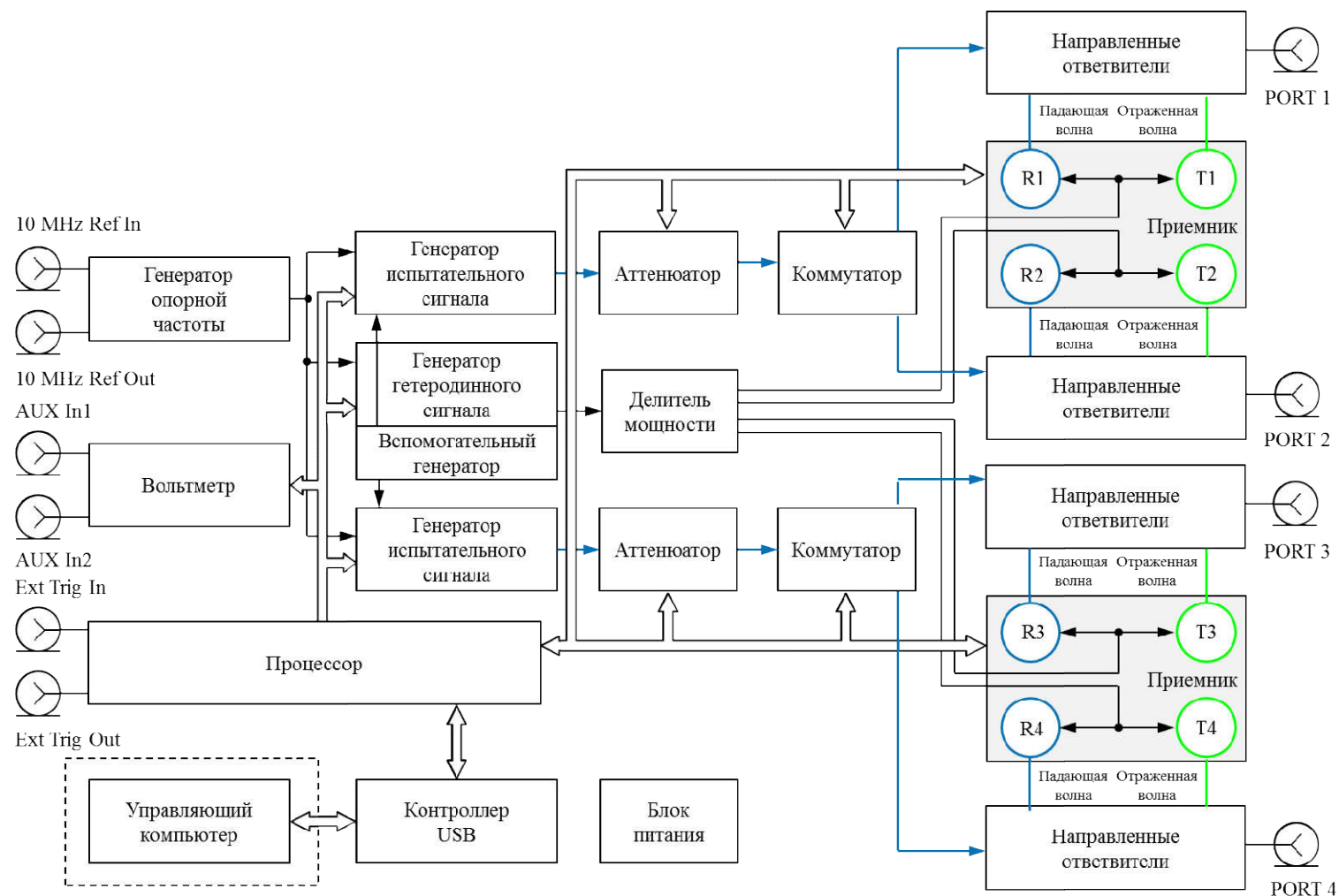
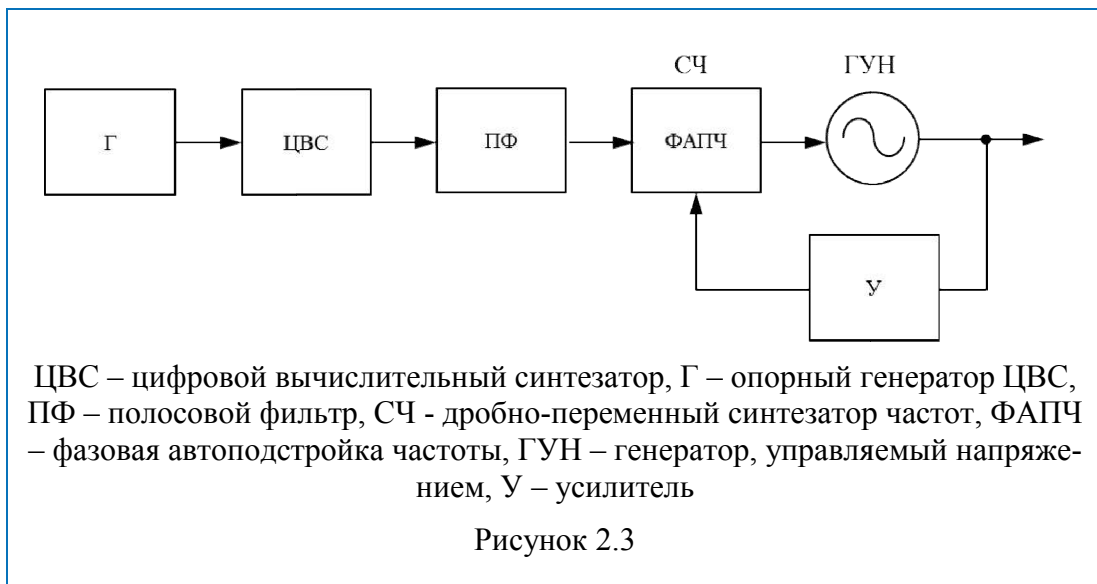


Рисунок 2.2 Структурная схема приборов, имеющих четыре измерительных порта



Генератор испытательного сигнала включают в себя широкополосный ГУН. Управление частотой ГУНа осуществляется с помощью схемы ФАПЧ, которая построена на базе микросхемы целочисленного синтезатора частот (Integer-N). Для получения мелкого шага установки частоты между опорным генератором и синтезатором установлен цифровой вычислительный синтезатор (DDS). Перекрытие диапазона рабочих частот осуществляется посредством умножения или деления базового диапазона ГУН с последующей фильтрацией побочных составляющих спектра выходного сигнала. Генератор гетеродинного сигнала, необходимый для работы приемника, имеет аналогичный принцип формирования частоты. На его плате конструктивно расположен опорный генератор с фазовой автоподстройкой по частоте от внутреннего или внешнего опорного генератора 10 МГц. Опорный генератор изображен на структурной схеме приборов, как вспомогательный. В четырехпортовых приборах, имеющих два генератора испытательного сигнала, реализована возможность независимого управления указанными генераторами.

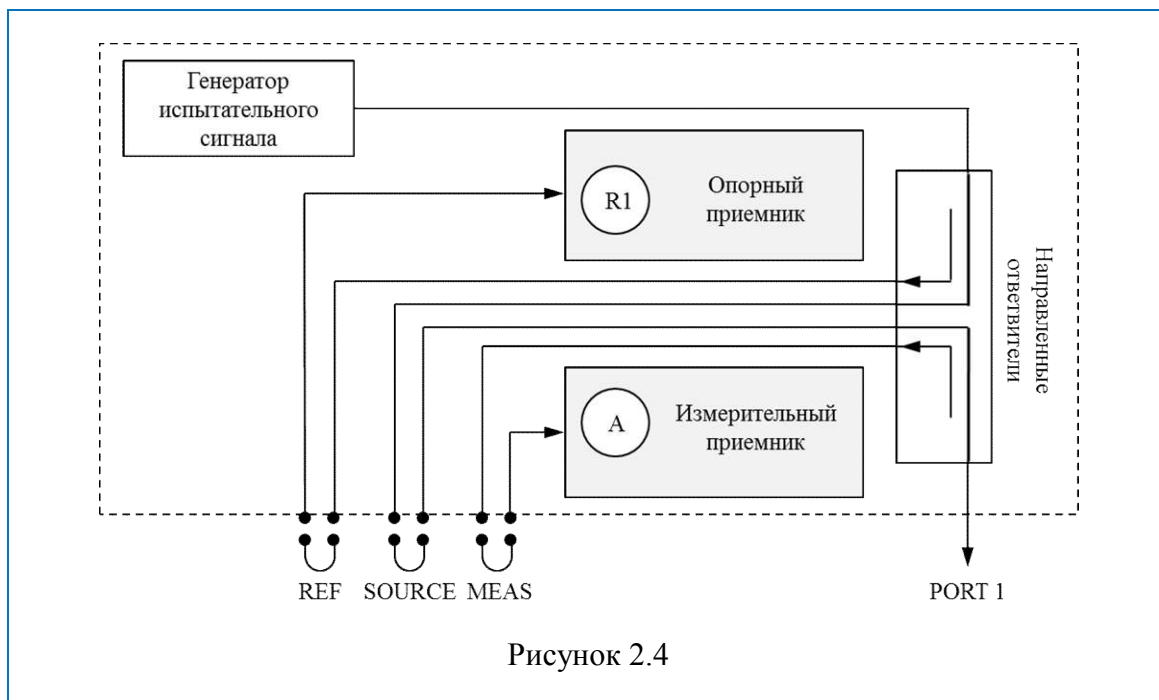
Управление уровнем мощности испытательного сигнала осуществляется программируемым аттенюатором, входящим в систему автоматической регулировки мощности в качестве выходного исполнительного элемента. Ослабление аттенюатора устанавливается в зависимости от заданного пользователем уровня или диапазона уровней мощности прибора на выходе измерительного порта.

Для изменения направления зондирования, необходимого для определения параметров многопортовых ИУ за одно подключение, в схеме предусмотрен коммутатор испытательного сигнала. Коммутатор позволяет последовательно во времени подавать сигнал на один из портов анализатора. Любой порт может работать в качестве источника или приемника сигнала.

Выделение измерительных сигналов осуществляется с помощью направленных ответвителей. Эти сигналы, соответствующие падающей и отражённой (или прошедшей через устройство) волне, поступают в супергетеродинный многоканальный приемник, в котором осуществляется их перенос на промежуточную частоту и фильтрация. После фильтрации сигналы ПЧ поступают на АЦП, где преобразуются в цифровую форму. Дальнейшая обработка сигналов (фильтрация, измерение разности фаз, измерение амплитуды) производится в сигналь-

ном процессоре. Измерительные фильтры на промежуточной частоте являются цифровыми и имеют полосу пропускания от 1 Гц до 1 МГц. Многоканальный приемник имеет 4 или 8 идентичных канала приема в зависимости от количества портов анализатора – 2 канала на один порт. Один из каналов (опорный) обрабатывает сигнал падающей волны, второй (измерительный) – сигнал, прошедший через исследуемое устройство или отраженный от его входов. Опорный канал приема или опорный приемник обозначается буквой R с индексом соответствующим номеру порта. Измерительный канал приема или измерительный приемник обозначается латинскими буквами A и B для двухпортовых приборов или T с индексом для четырехпортовых.

Некоторые из представленных приборов имеют переключки для прямого доступа к приемникам. Подобная схема построения анализаторов позволяет осуществлять конфигурацию для проведения специальных измерительных задач. В тракт генератора испытательного сигнала и приемника могут быть введены дополнительные усилители, аттенюаторы, различные фильтрующие или согласующие цепи для каждого из портов, одновременно обеспечивающие оптимальный режим работы исследуемого устройства во время измерений, близкий к реальному применению, и приемников прибора.



В линейке приборов представлены анализаторы с переключками, расположенными на передней панели, для подключения расширителей по частоте. Расширители представляют собой внешние преобразователи, имеющие волноводные соединители и перекрывающие диапазон частот от 50 до 110 ГГц. Электропитание расширителей осуществляется от анализатора. Схема подключения приведена на рисунке 2.5.

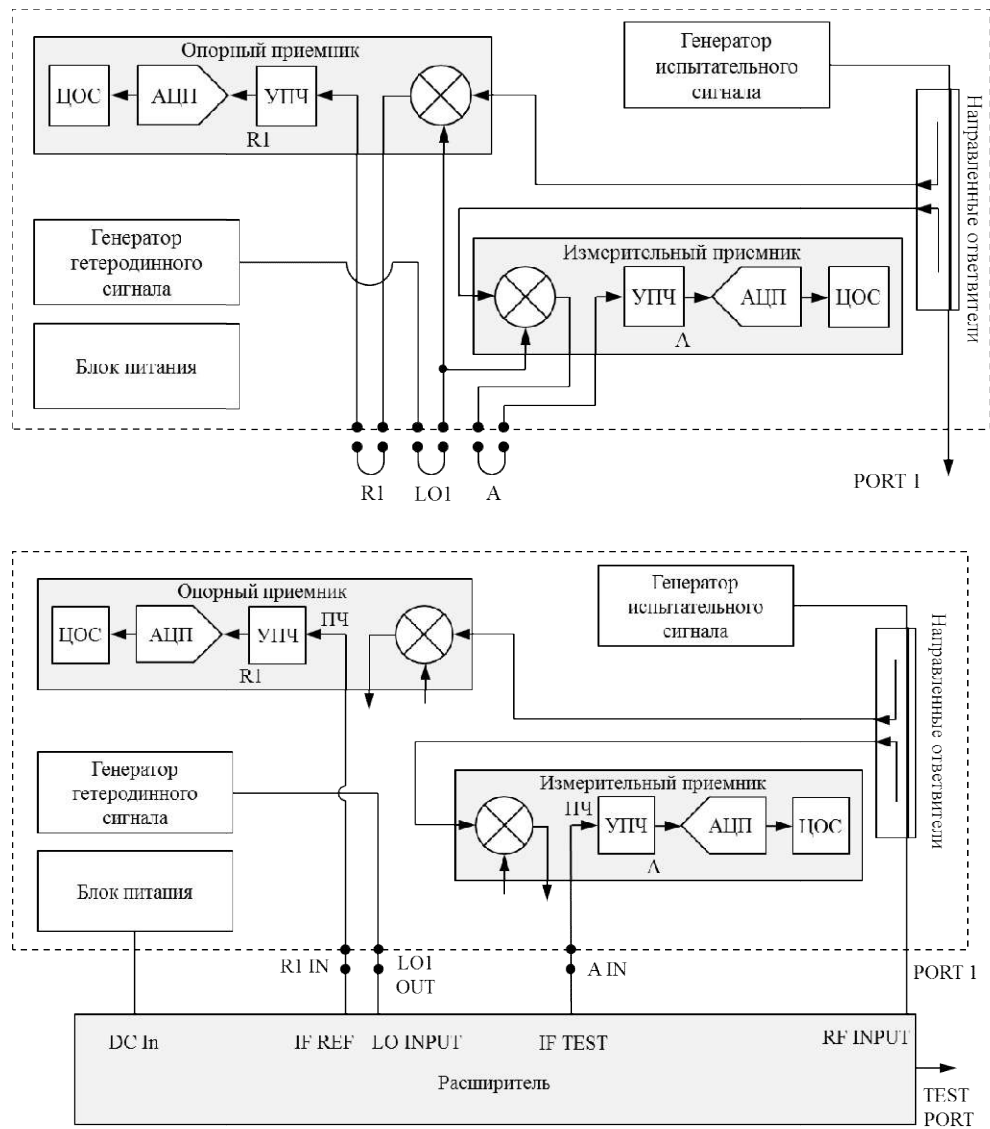


Рисунок 2.5 Подключение расширителя по частоте

3 Подготовка к работе

3.1 Общие положения

Если анализатор и комплект принадлежностей находились в условиях, отличных от условий эксплуатации, выдержать их в условиях эксплуатации не менее двух часов.

Распаковать анализатор, если он находится в упаковке или транспортной таре.

Установить анализатор на рабочем месте:

Площадь поверхности рабочего стола должна быть достаточной для размещения на ней анализатора, требуемого комплекта принадлежностей и исследуемых устройств.

Установить анализатор на ровную поверхность рабочего стола так, чтобы все ножки прибора упирались в нее, и обеспечивался свободный доступ к соединителям и выключателю питания. Устройства, подключаемые к прибору, должны располагаться на рабочей поверхности стола или непосредственно над ней.

При эксплуатации вентиляционные отверстия на корпусе прибора не должны закрываться предметами. Осмотр разрешается проводить только при отключении прибора от сети электропитания и отсоединении кабеля питания.

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

Провести внешний осмотр анализатора совместно с используемым комплектом принадлежностей. При необходимости, провести чистку соединителей измерительных портов прибора, кабелей и переходов, а также средств калибровки и выполнить проверку присоединительных размеров соединителей указанных устройств.

3.2 Распаковывание и повторное упаковывание

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

Для упаковывания анализатора 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 прибором, кабелем USB, кабелем питания и USB flash накопителем с записанным программным обеспечением и эксплуатационной документацией;
- снять пакеты и провести внешний осмотр:
 - проверить наличие и целостность пломб предприятия-изготовителя;
 - проверить отсутствие глубоких царапин и вмятин на корпусе прибора, 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 прибора;
 - проверить отсутствие механических повреждений (вмятин, забоин, отслаивания покрытия и т. д.) на контактных и токонесущих поверхностях соединителей измерительных портов;
 - проверить целостность кабелей питания и USB.
- после распаковывания рекомендуется картонную коробку совместно с амортизационным материалом поместить в ящик для

возможного дальнейшего использования (при транспортировке на поверку, или постановке на хранение, или отправке на ремонт).

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 прибора, 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 измерительных портов;
- проверить целостность кабелей питания и USB.

Упаковывание проводить в следующей последовательности:

- поместить прибор, кабель USB, кабель питания и USB flash накопитель с записанным программным обеспечением и эксплуатационной документацией в полиэтиленовые пакеты соответствующего размера;
- добавить в пакет с прибором пакетики с мелкопористым силикагелем массой приблизительно 10 г;
- пакет с прибором вставить в коробку со специальным вкладышем из пенополиэтилена, выполняющим амортизационную функцию;
- закрыть прибор вторым вкладышем из пенополиэтилена;

Примечание

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

- вложить кабель USB, кабель питания и USB flash накопитель;

- для заполнения пустоты в верхней части коробки, при необходимости, положить мягкий вкладыш;
- закрыть коробку и проклеить швы прозрачным скотчем (клеякой 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 прибора;
 - 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 анализатора 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 анализатора, проверить целостность кабелей питания и USB.
- Проверить отсутствие глубоких царапин и вмятин на корпусе прибора, следов коррозии металлических деталей и следов воздействия жидкостей или агрессивных паров, целостность лакокрасочных покрытий, сохранность маркировки. При обнаружении несоответствий дальнейшая работа с прибором запрещается.
- При наличии, провести визуальный контроль целостности устройств из комплекта принадлежностей, к которым относятся кабели, переходы и средства калибровки.
- Провести визуальный контроль целостности и чистоты соединителей измерительных портов анализатора, кабелей и переходов, а также средств калибровки. 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 указанных 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.

3.4 Чистка соединителей

Чистку соединителей рекомендуется проводить до и после использования анализатора и комплекта принадлежностей.

Чистку коаксиальных соединителей тип N, III, 3,5 мм и IX проводить по следующей методике:

- протереть поверхности соединителей, указанные стрелками на рисунке 3.1 или 3.2, палочкой с ватным тампоном, смоченным в спирте; капли спирта не должны попадать вовнутрь устройств;

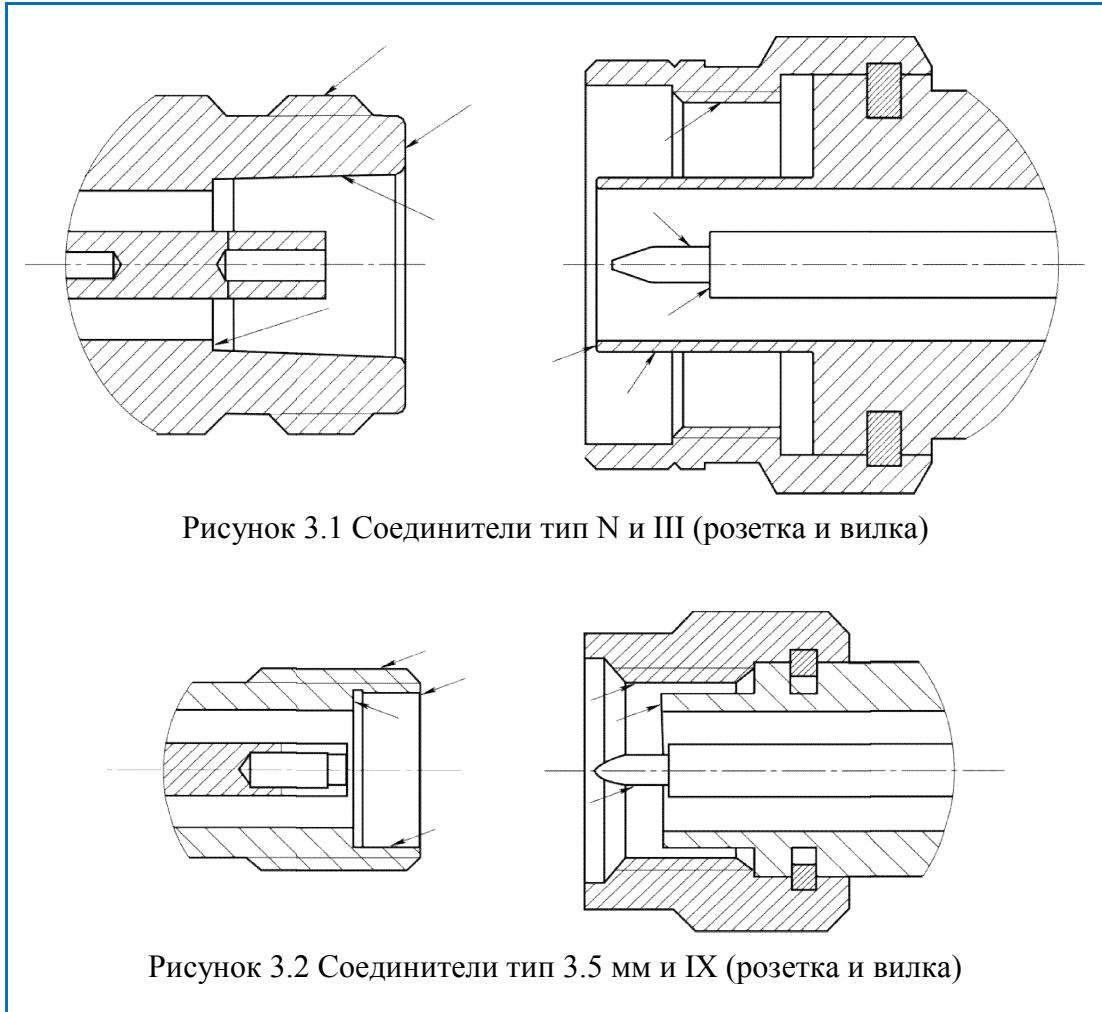


Рисунок 3.1 Соединители тип N и III (розетка и вилка)

Рисунок 3.2 Соединители тип 3.5 мм и IX (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.

3.5 Проверка присоединительных размеров

Присоединительные размеры соединителей измерительных портов прибора, 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 анализатора 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;
- обнаружено, что соединители устройств, использовавшихся с прибором, 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» (рисунки 3.3-3.4).

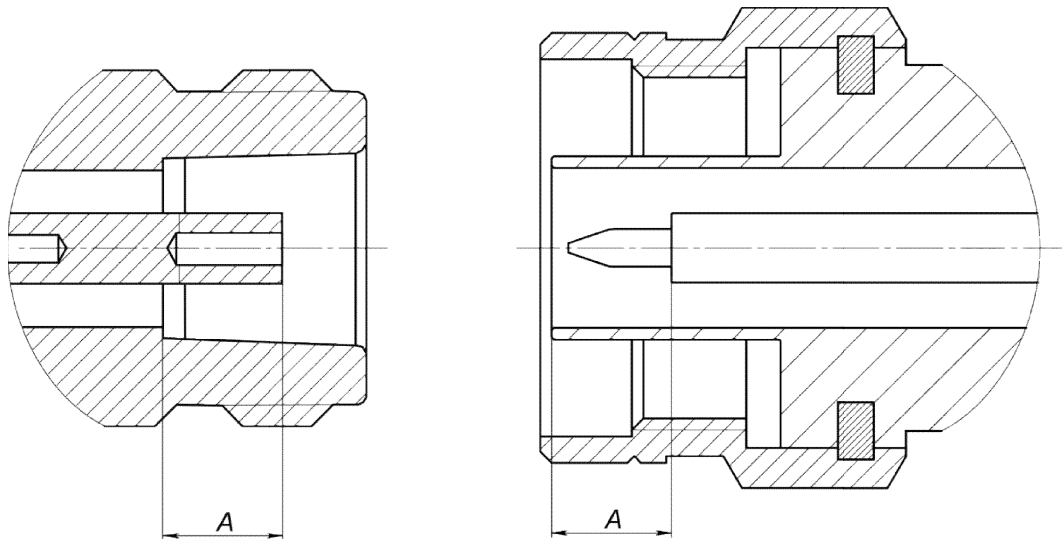


Рисунок 3.3 Соединители тип N и III (розетка и вилка)

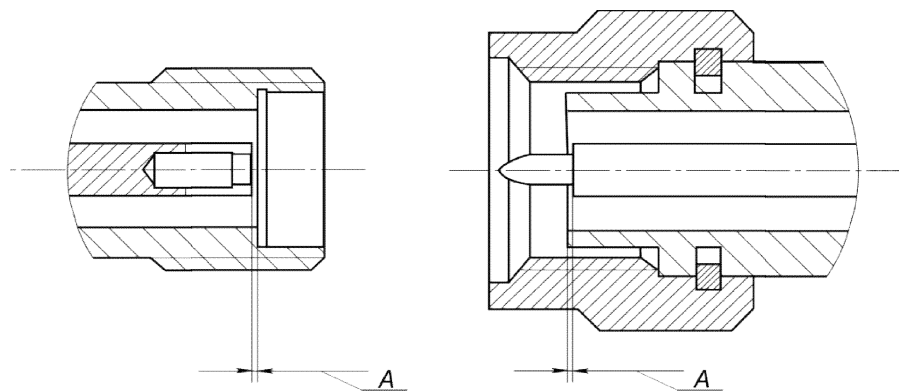


Рисунок 3.4 Соединители тип 3,5 мм и IX (розетка и вилка)

Присоединительный размер «А» соединителей измерительных портов анализатора должен находится в пределах.

- тип N, розетка, мм $5,26_{-0,08}$,
- тип NMD 3,5 мм, вилка, мм 0,08 мм.

Норма на присоединительный размер «А» соединителей других устройств (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.

3.6 Подключение и отключение устройств

При эксплуатации анализатора постоянно возникает необходимость подключения различных устройств между собой: кабелей к измерительным портам прибора, переходов к кабелям, средств калибровки к переходам или портам прибора, а также исследуемых устройств к портам и т.д.

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 соприкасаться, как показано на рисунках 3.5-3.6;
- 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.

от 1,1 до 1,7 Н·м для соединителей тип N и III;

от 0,8 до 1,0 Н·м для соединителей тип 3,5 мм и IX.

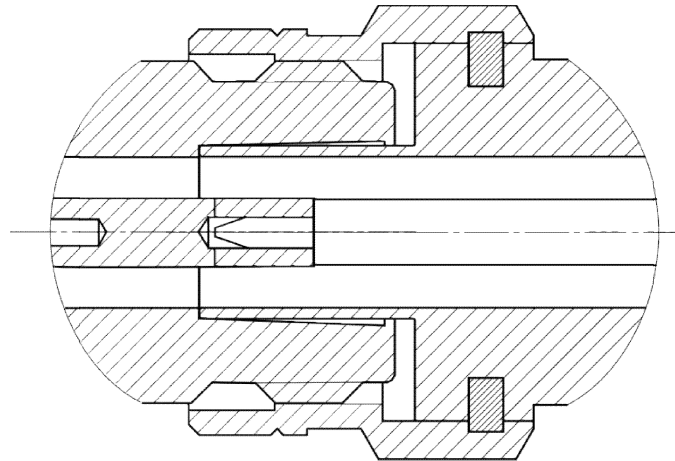


Рисунок 3.5 Соединители тип N и III (розетка слева, вилка справа)

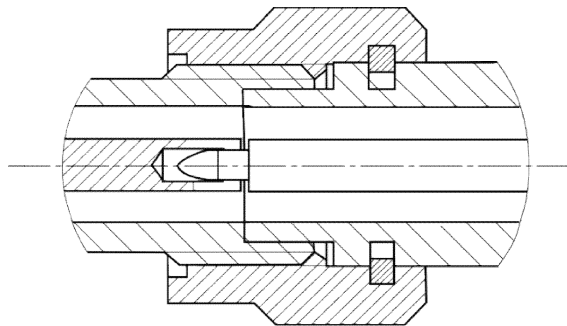


Рисунок 3.6 Соединители тип 3,5 мм и IX (розетка слева, вилка справа)

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».

3.7 Порядок включения прибора

Включение анализатора проводить в следующей последовательности:



Перед включением прибора в сеть следует проверить исправность кабеля питания.

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

- включить компьютер;
- соединить клемму « $\perp$ » на задней панели анализатора с шиной защитного заземления;
- соединить анализатор с компьютером кабелем USB из комплекта поставки;
- подключить к сети ~ 220 В 50 Гц с помощью кабеля питания;
- включить анализатор, нажав кнопку выключателя питания;
- установить программное обеспечение, если оно не было ранее установлено; процедура установки программного обеспечения описана в части II руководства по эксплуатации;
- запустить программное обеспечение;

Примечание

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

- выдержать анализатор в течение времени установления рабочего режима.

Выключение анализатора:

- закрыть программное обеспечение;
- выключить анализатор, нажав кнопку выключателя питания;
- 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 Порядок работы

4.1 Расположение органов управления

Анализатор цепей векторный C1205

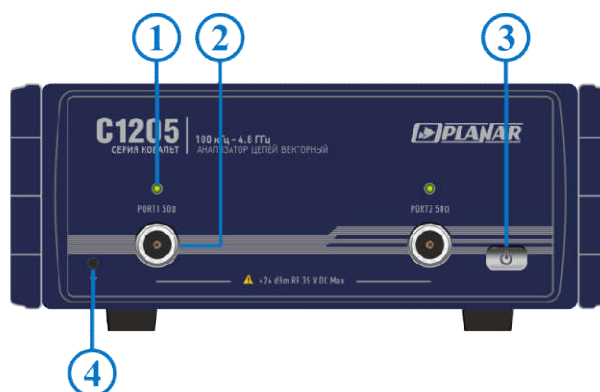


Рисунок 4.1 Передняя панель

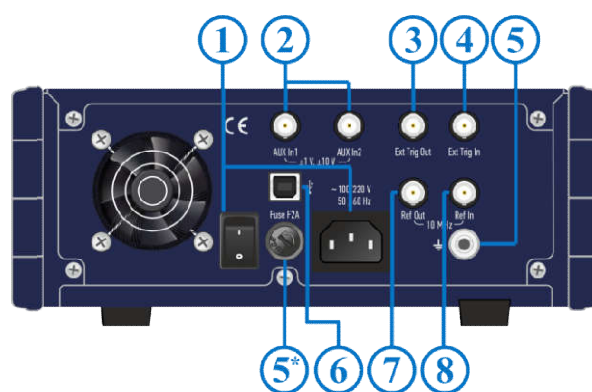


Рисунок 4.2 Задняя панель

Анализатор цепей векторный C1207

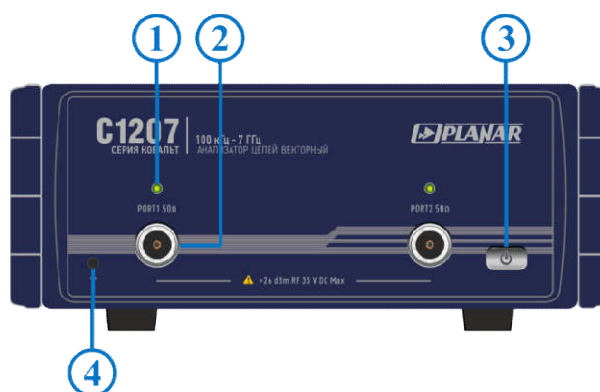


Рисунок 4.3 Передняя панель

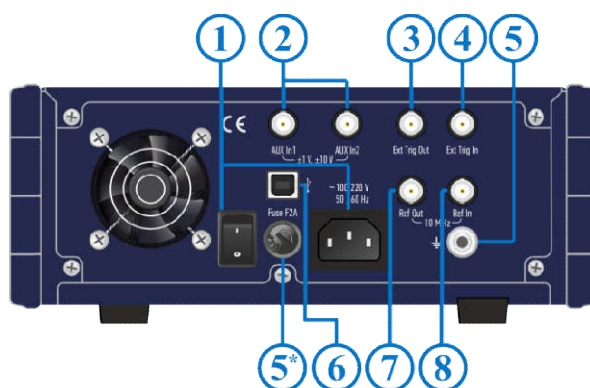


Рисунок 4.4 Задняя панель

Анализатор цепей векторный C1209

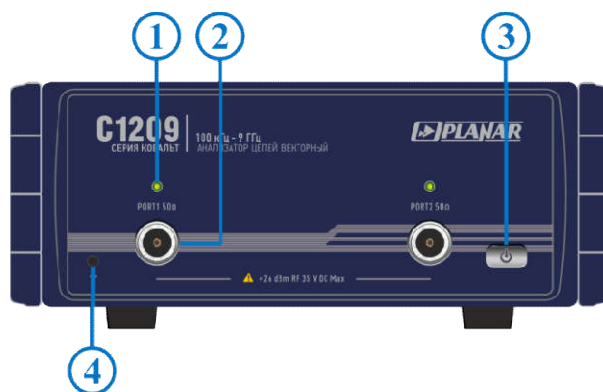


Рисунок 4.5 Передняя панель

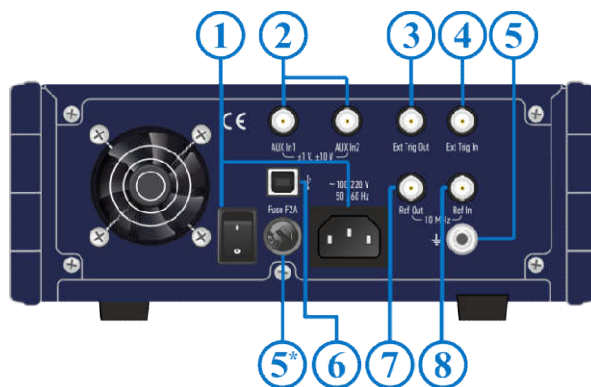


Рисунок 4.6 Задняя панель

Анализатор цепей векторный C1214



Рисунок 4.7 Передняя панель

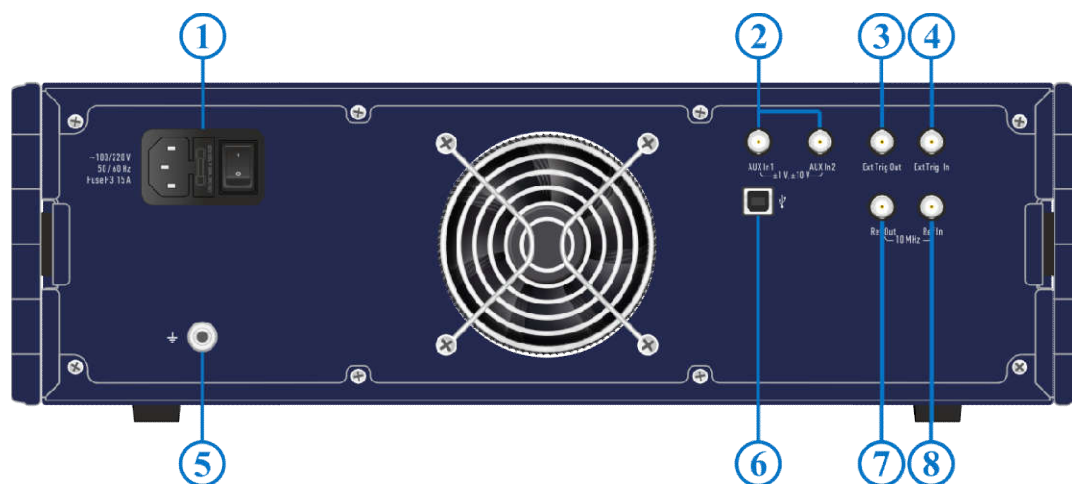
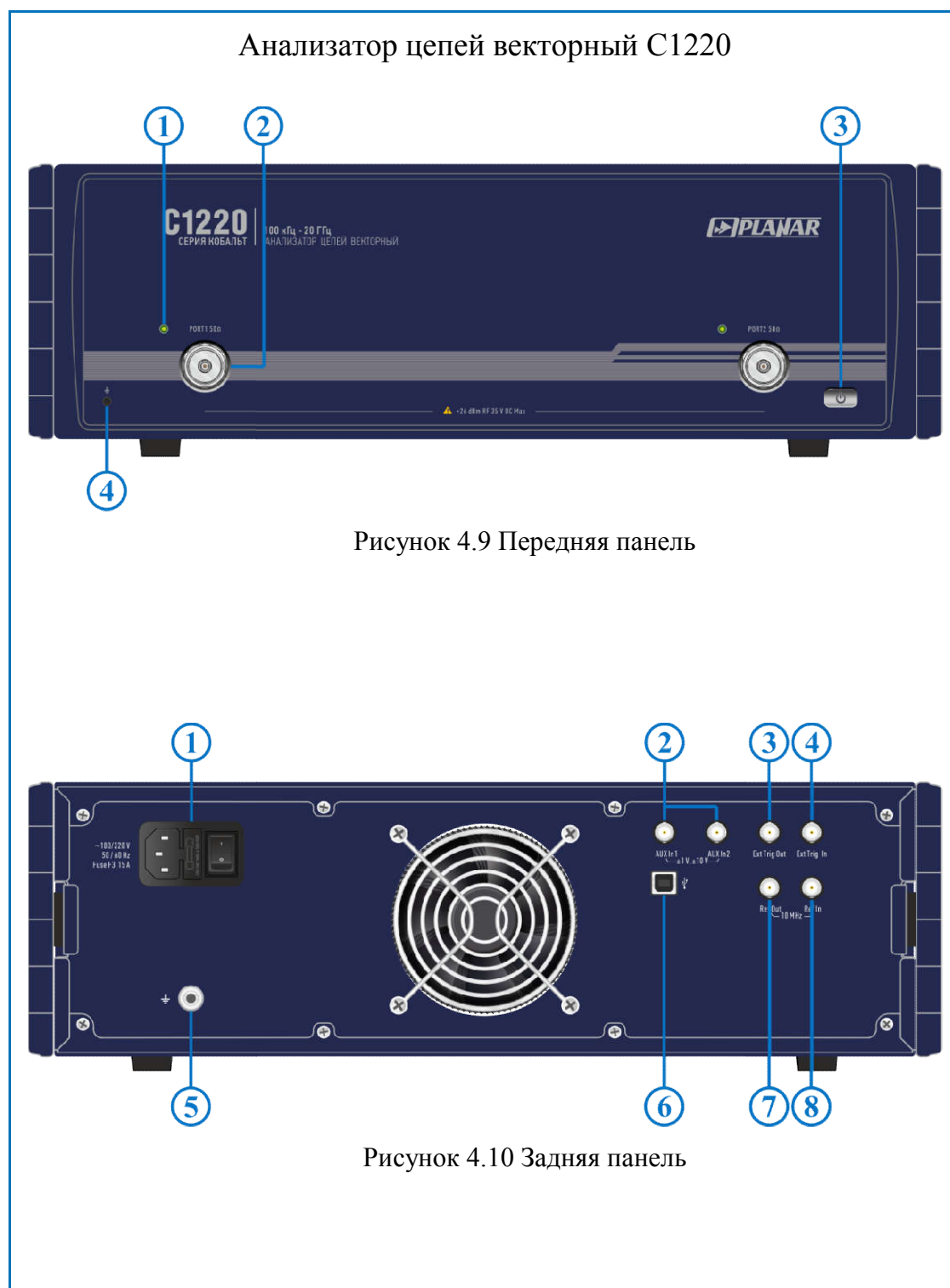


Рисунок 4.8 Задняя панель



Анализатор цепей векторный C1409



Рисунок 4.11 Передняя панель

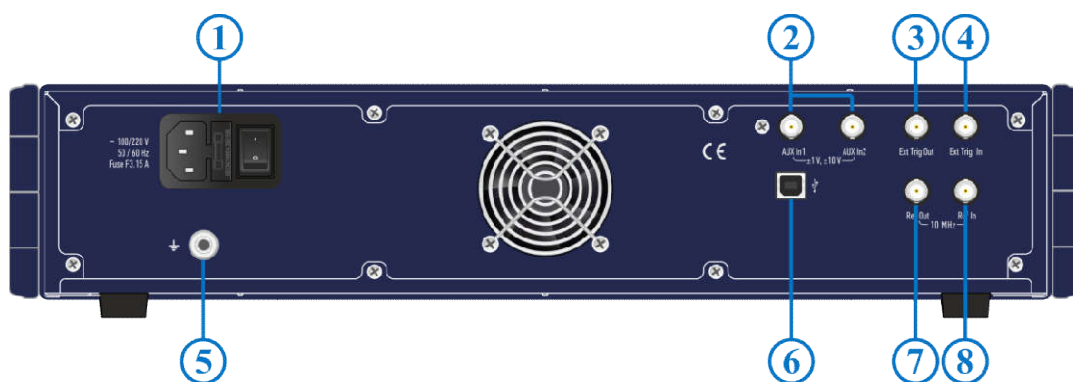
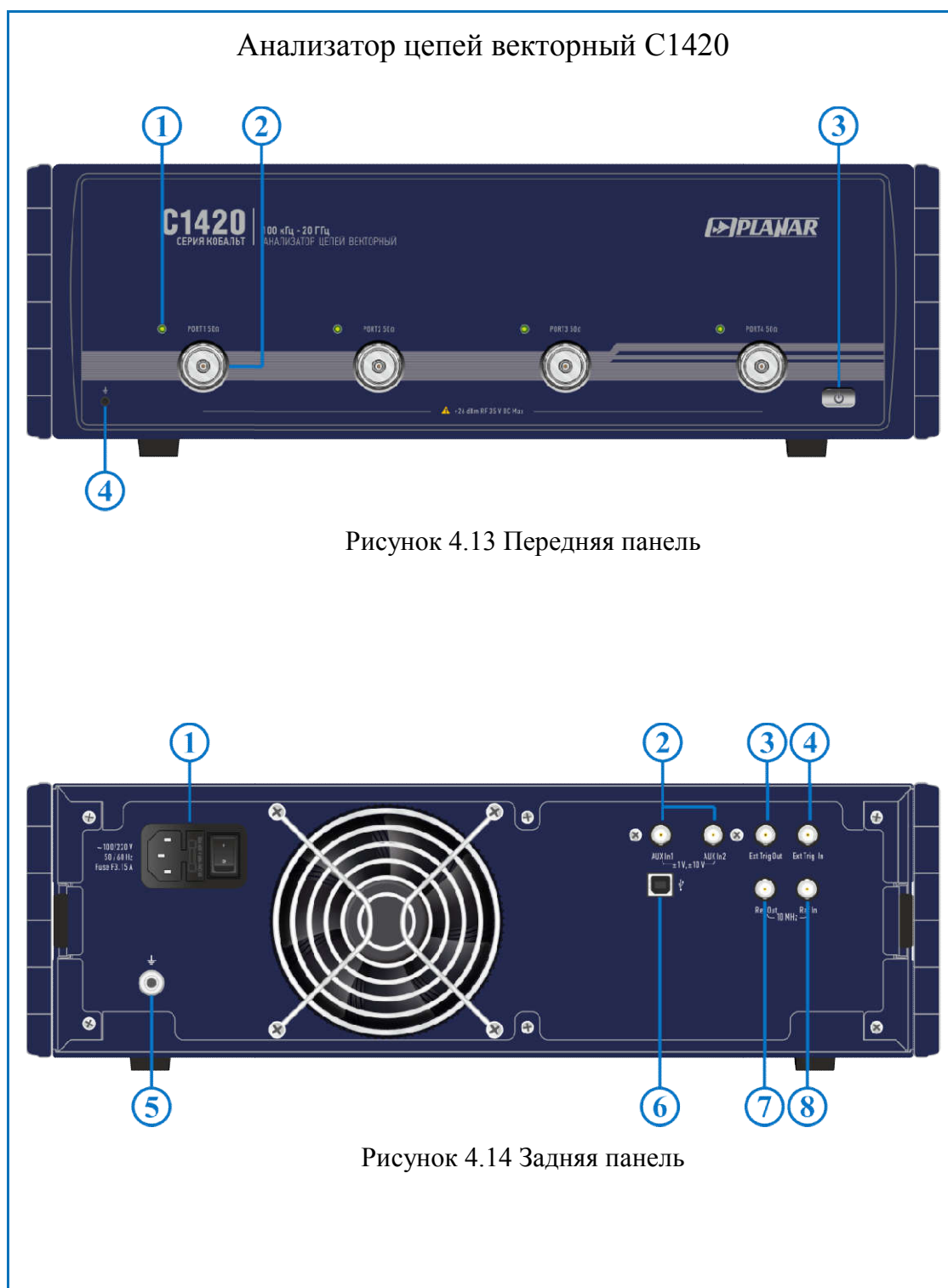


Рисунок 4.12 Задняя панель



Анализатор цепей векторный C2209

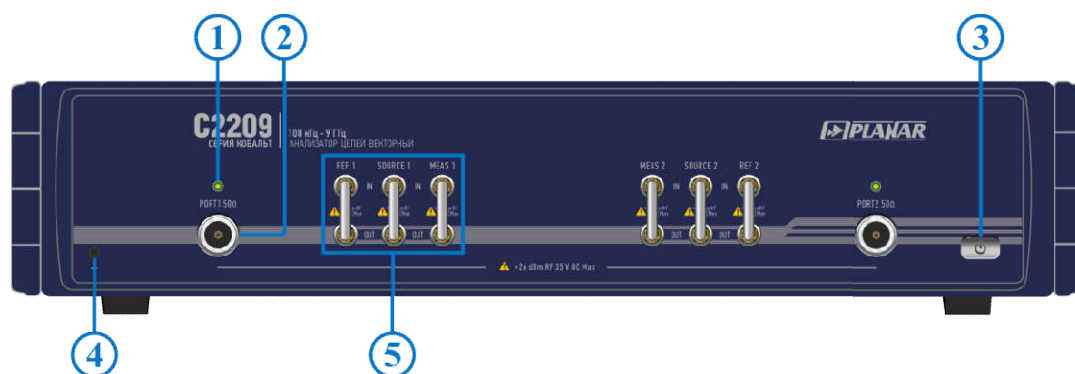


Рисунок 4.15 Передняя панель

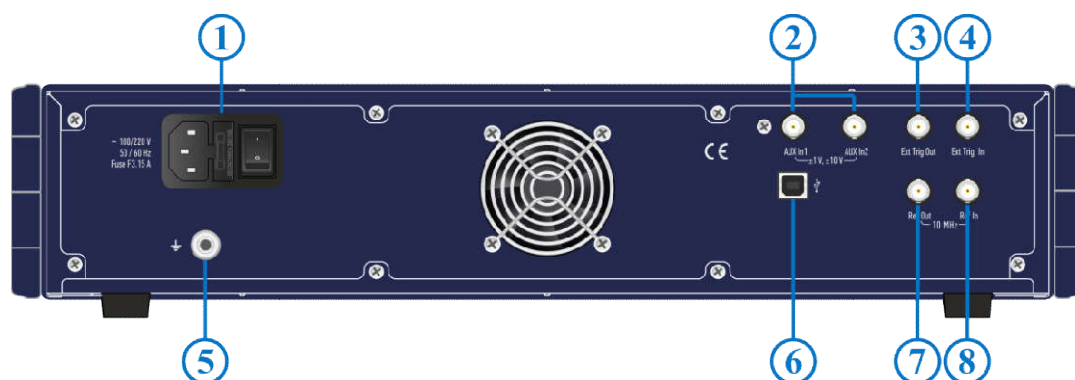


Рисунок 4.16 Задняя панель

Анализатор цепей векторный C2409



Рисунок 4.17 Передняя панель

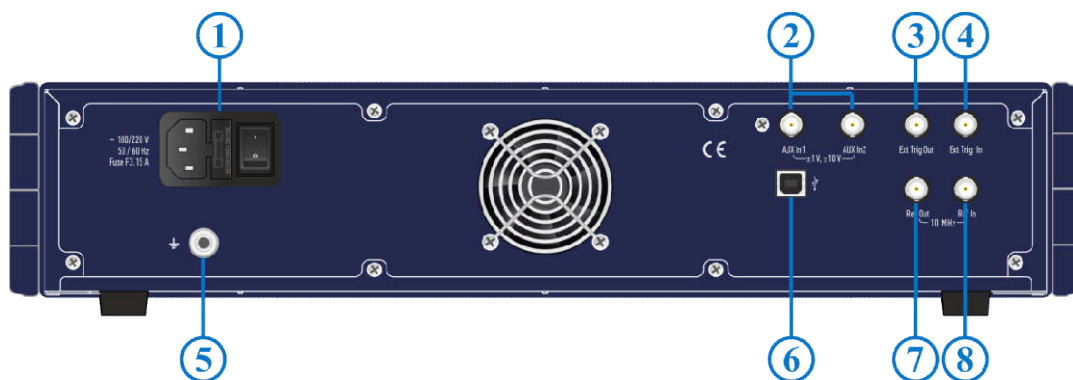


Рисунок 4.18 Задняя панель

Анализатор цепей векторный C2220



Рисунок 4.19 Передняя панель

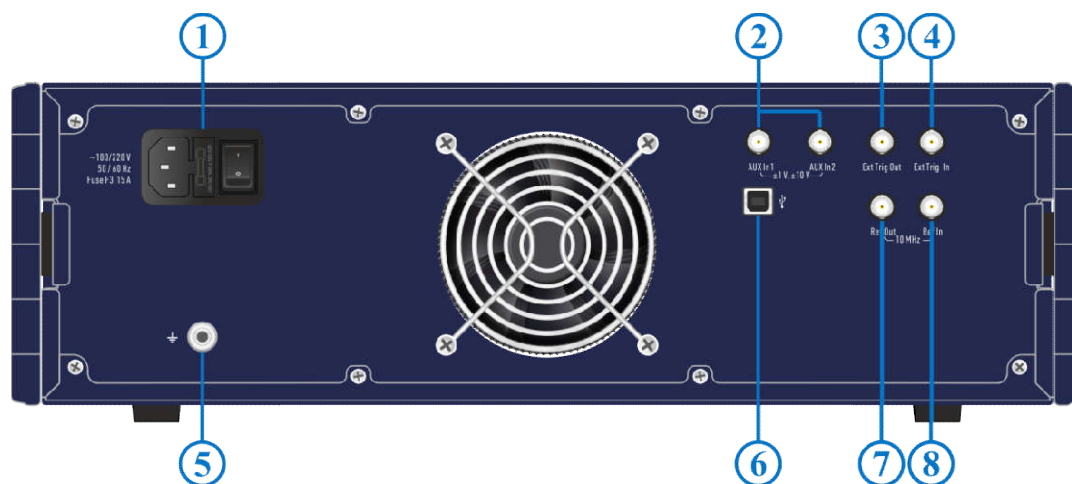


Рисунок 4.20 Задняя панель

Анализатор цепей векторный C2420

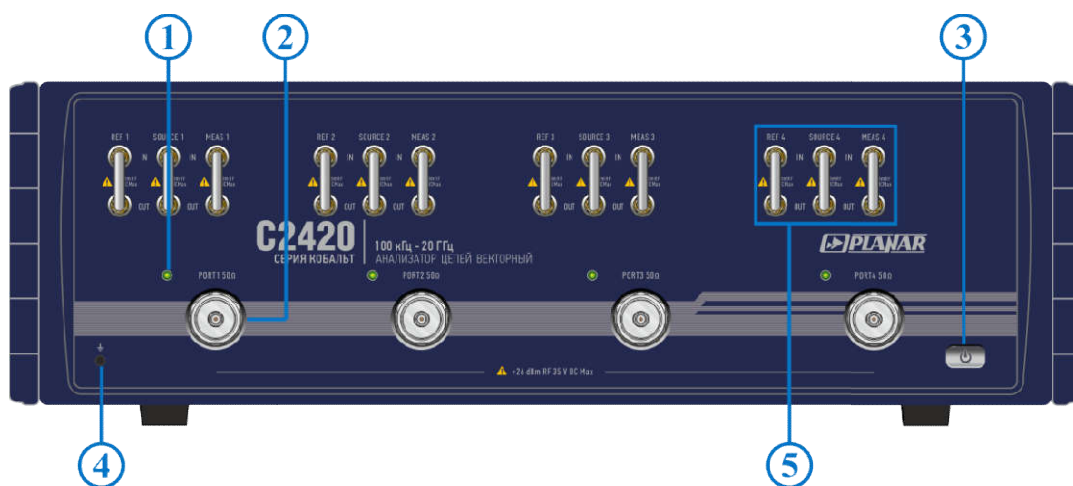


Рисунок 4.21 Передняя панель

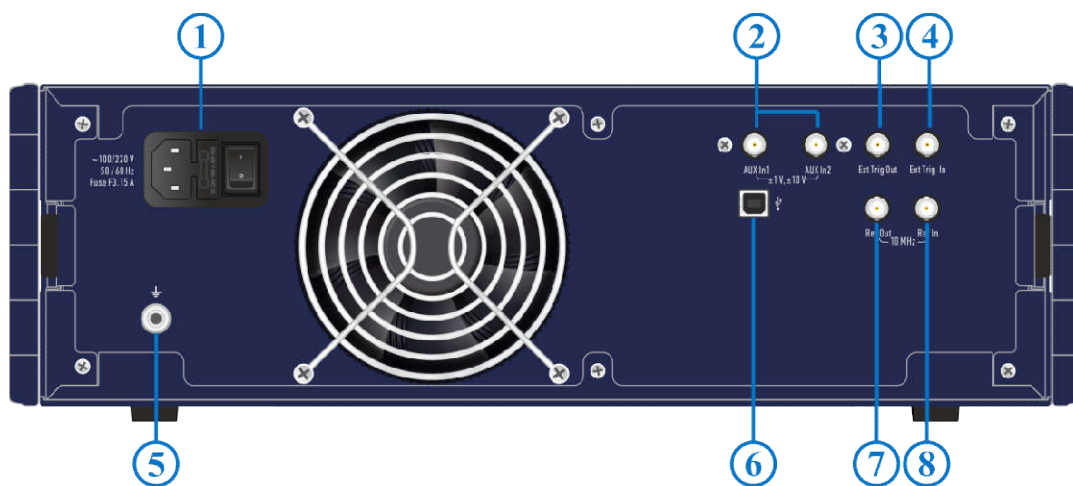


Рисунок 4.22 Задняя панель

Анализатор цепей векторный C4209

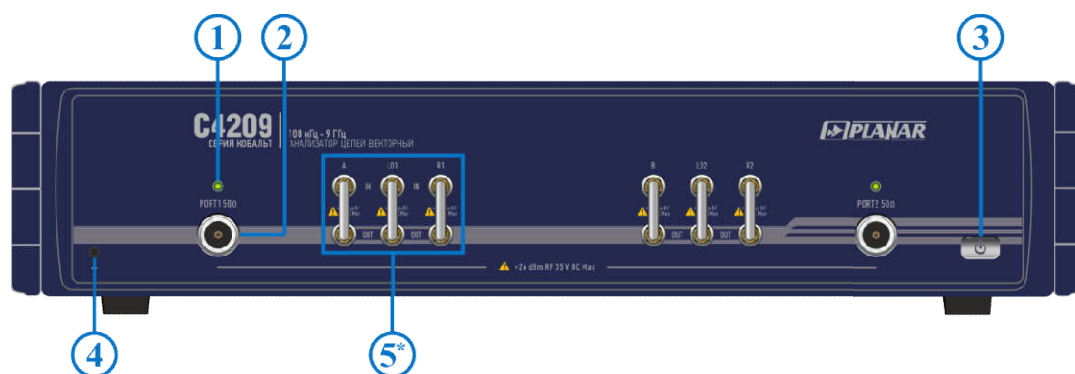


Рисунок 4.23 Передняя панель

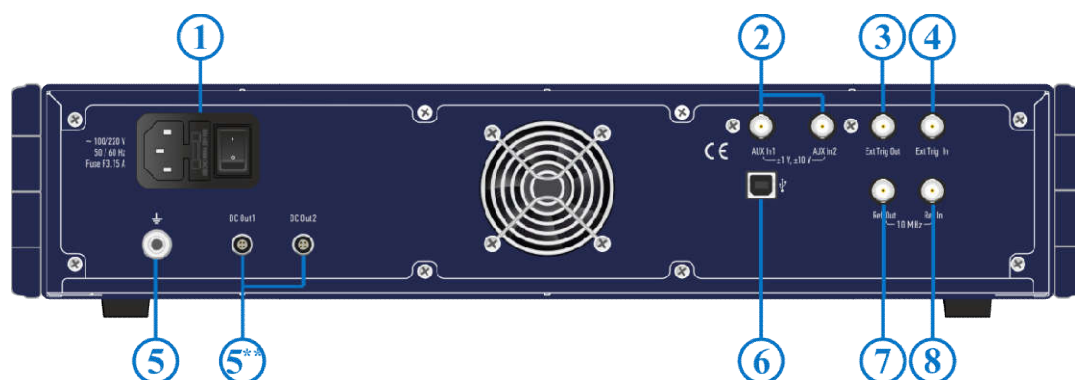


Рисунок 4.24 Задняя панель

Анализатор цепей векторный С4409



Рисунок 4.25 Передняя панель

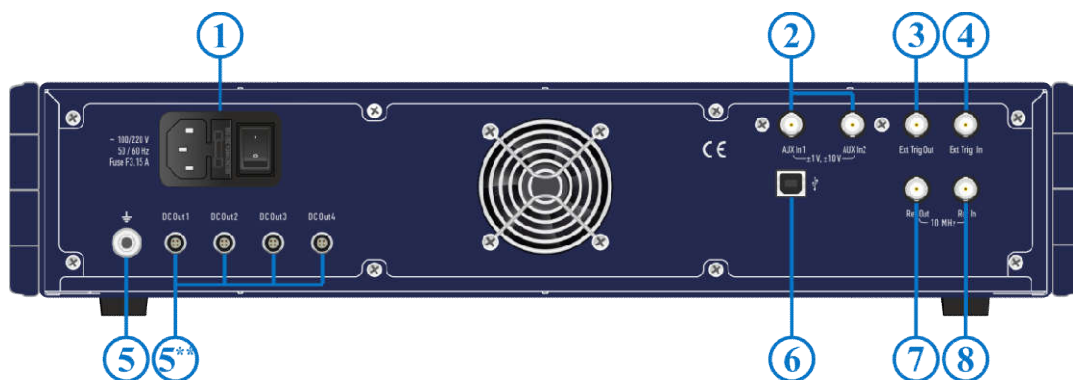


Рисунок 4.26 Задняя панель

Анализатор цепей векторный C4220



Рисунок 4.27 Передняя панель

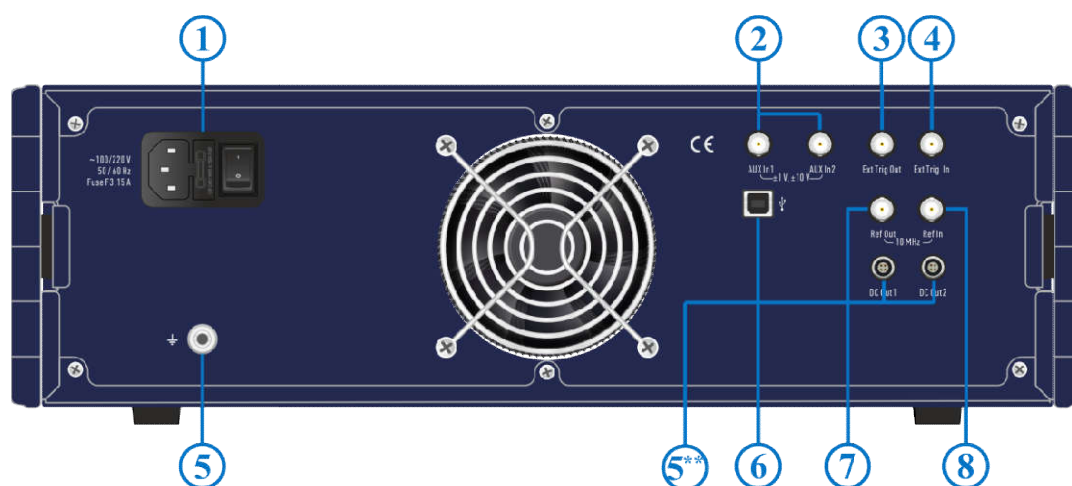


Рисунок 4.28 Задняя панель

Анализатор цепей векторный С4420

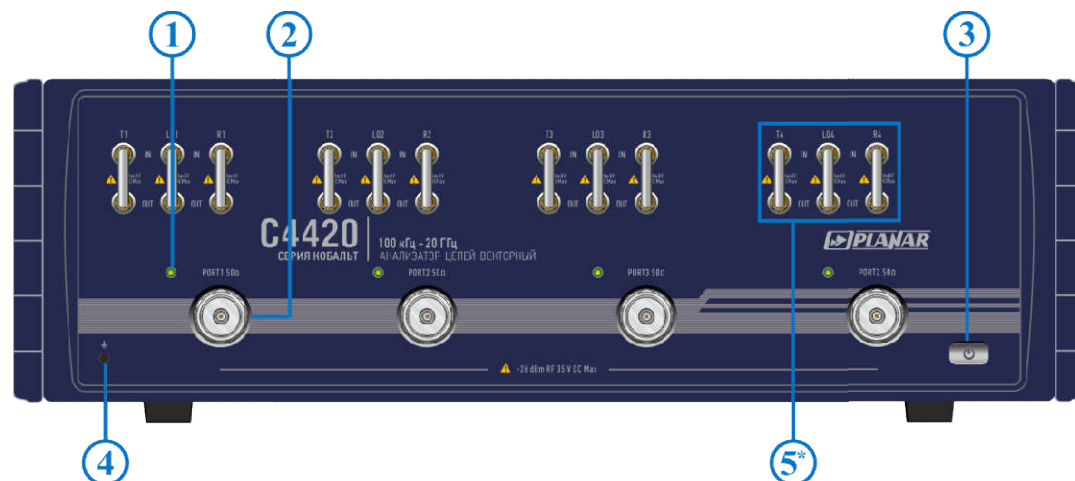


Рисунок 4.29 Передняя панель

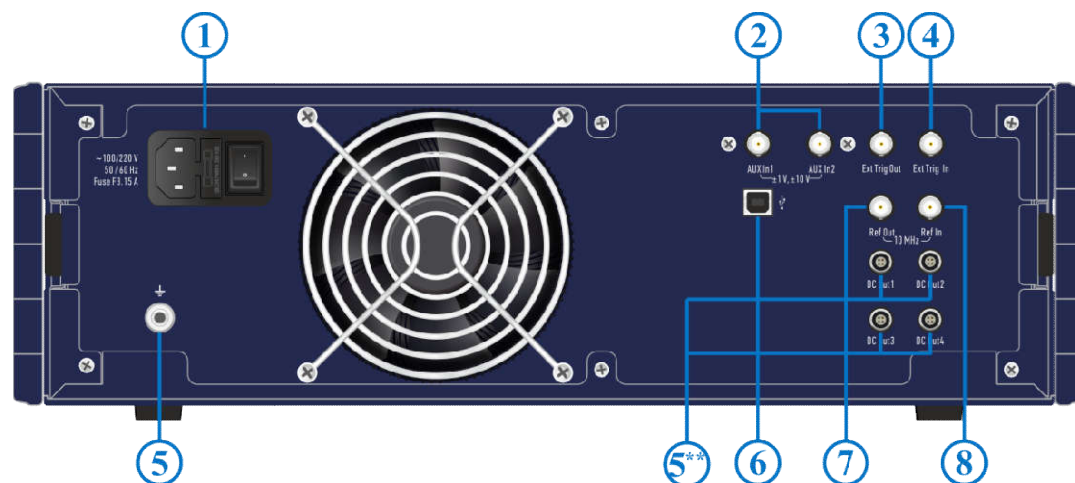
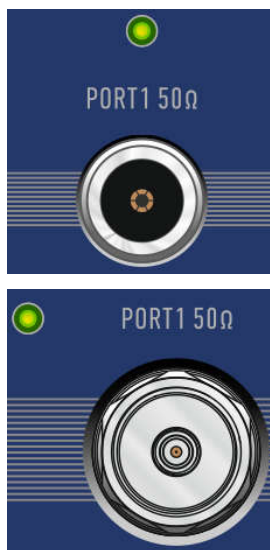


Рисунок 4.30 Задняя панель

4.2 Передняя панель

1, 2 Измерительные порты со светодиодными индикаторами



Измерительные порты служат для подключения исследуемого устройства. 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 исследуемого устройства.

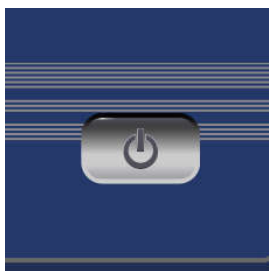
Примечание

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

Внимание!

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

3 Выключатель питания



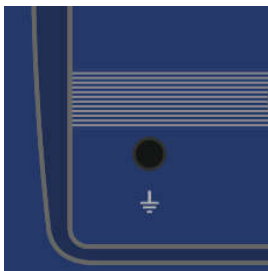
Выключатель питания служит для включения / выключения питания анализатора.

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

Примечание

При первом включении автоматически выполняется процедура установки драйвера USB. Установка драйвера подробно описана в части II руководства по эксплуатации. Процедура установки драйвера может потребоваться на некоторых компьютерах при изменении порта USB.

4 Клемма заземления



Клемма используется для заземления.

Для предотвращения повреждения от электростатического разряда следует соединить клемму заземления на корпусе анализатора с корпусом исследуемого устройства.

5 Прямой доступ к приемникам



Переключки для прямого доступа к приемникам, расположенные на передней панели прибора, позволяют осуществлять конфигурацию для проведения специальных измерительных задач. В тракт генератора испытательного сигнала и приемника могут быть введены дополнительные усилители, аттенюаторы, различные фильтрующие или согласующие цепи для каждого из портов, одновременно обеспечивающие оптимальный режим работы исследуемого устройства во время измерений, близкий к реальному применению, и приемников прибора.

5* Расширение диапазона частот

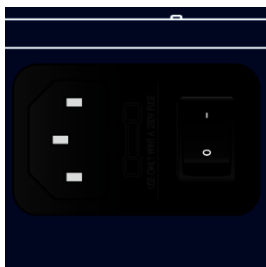


В линейке приборов представлены анализаторы с переключками для подключения расширителей по частоте. Расширители представляют собой внешние преобразователи, имеющие волноводные соединители и перекрывающие диапазон частот от 50 до 110 ГГц.

Для работы расширителей требуются испытательный и гетеродинный сигналы прибора. Выходные сигналы расширителей с частотой, равной промежуточной, поступают в приемник, преобразуются в цифровые коды и подаются на последующую обработку в сигнальный процессор.

4.3 Задняя панель

① Соединитель для подключения кабеля питания



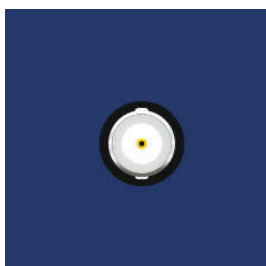
Подключение к промышленной электросети
~ 220 В, 50 Гц.

Внимание!

В экстренных ситуациях, с целью предотвращения поражения электрическим током или для других аналогичных целей следует выдернуть кабель питания из сетевой розетки или из розетки на задней панели прибора.

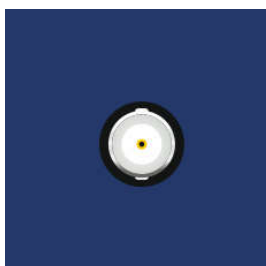
Запрещается производить соединение или разъединение кабеля питания при включенном анализаторе.

② Входы AUX In для измерения напряжений постоянного тока



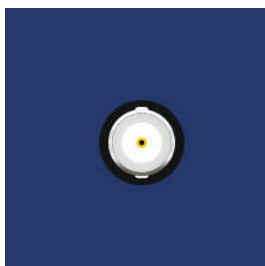
Опционально в состав прибора может включаться плата двухканального вольтметра постоянного тока с двумя переключаемыми диапазонами, позволяющая измерять и отображать значения напряжений синхронно с перестройкой по частоте во время измерений комплексных коэффициентов передачи и отражения.

③ Выход синхронизации Ext Trig Out



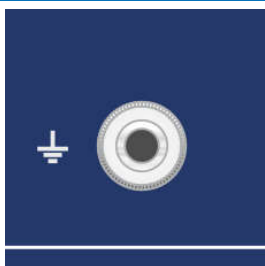
Выход Ext Trig Out предназначен для организации синхронной работы с внешними устройствами. Прибор позволяет выдавать сигналы синхронизации, связанные с различными событиями, в зависимости от настроек.

4 Вход синхронизации Ext Trig In



Вход Ext Trig In служит для подключения источника сигнала внешнего запуска. Синхронизация или запуск прибора возможен по различным событиям, перечисленным в программном обеспечении.

5 Клемма заземления



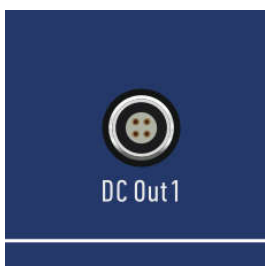
Для обеспечения электробезопасности следует подключить клемму заземления на корпусе анализатора к шине защитного заземления.

5* Предохранитель



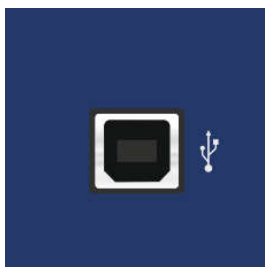
Плавкий предохранитель предназначен для защиты электрических цепей прибора при превышении силы тока допустимого значения.

5** Выходы электропитания расширителей по частоте

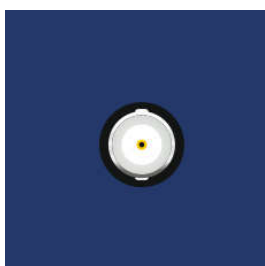


Соединитель для подключения кабеля питания внешних расширителей по частоте.

Электропитание расширителей осуществляется напряжением постоянного тока с блока питания прибора.

⑥ USB 2.0

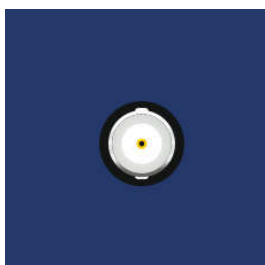
Соединитель для подключения прибора к внешнему управляющему компьютеру.

⑦ Выход Ref Out опорного генератора 10 МГц

Выход для подключения к внутреннему опорному генератору для создания единой шкалы времени (временной синхронизации) различных устройств.

Выход может использоваться для контроля параметров сигнала внутреннего опорного генератора при проведении диагностики, технического обслуживания или ремонта.

Частота внутреннего опорного генератора 10 МГц.

⑧ Вход Ref In опорного генератора 10 МГц

Вход для подключения внешнего опорного генератора, обеспечивающего синхронную работу всех узлов и блоков прибора.

Частота внешнего опорного генератора 10 МГц.

4.4 Порядок проведения измерений

Управление анализаторами осуществляется программным обеспечением, установленным на внешний компьютер.

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, измерение и отображение напряжения постоянного тока синхронно с разверткой по частоте, преобразование импеданса, исключение или встраивание цепи и временная селекция.

Порядок проведения измерений, включая полное описание модели ошибок прибора, установку параметров, описание сопутствующих схем измерений и калибровки, отображение результатов в различных форматах, приведены в части II руководства по эксплуатации.



Для продления срока службы прибора рекомендуется подключать устройства к портам анализатора, используя измерительные кабели и переходы (переходы не показаны на схемах измерений).

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

Основные режимы измерений

S-параметры

S-параметры с прямым доступом к приемникам

S-параметры в расширенном диапазоне частот

Балансные измерения

Параметры устройств с переносом частоты

Анализ и фильтрация во временной области

Функциональные возможности

Абсолютная мощность

Линейность амплитудной характеристики

Импеданс

Вольтметр постоянного тока

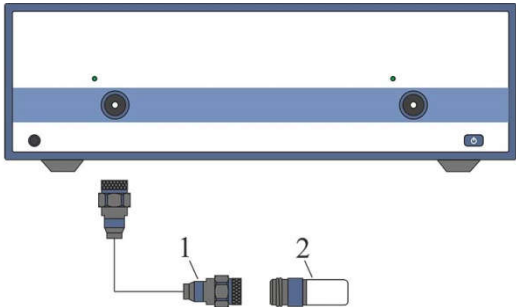
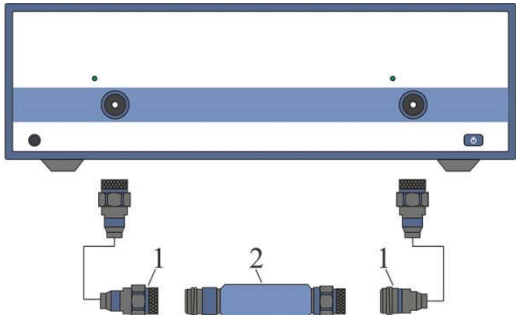
Доверительный тест

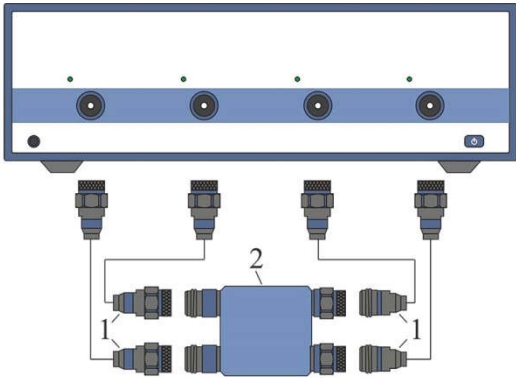
Синхронизация

Автоматизация

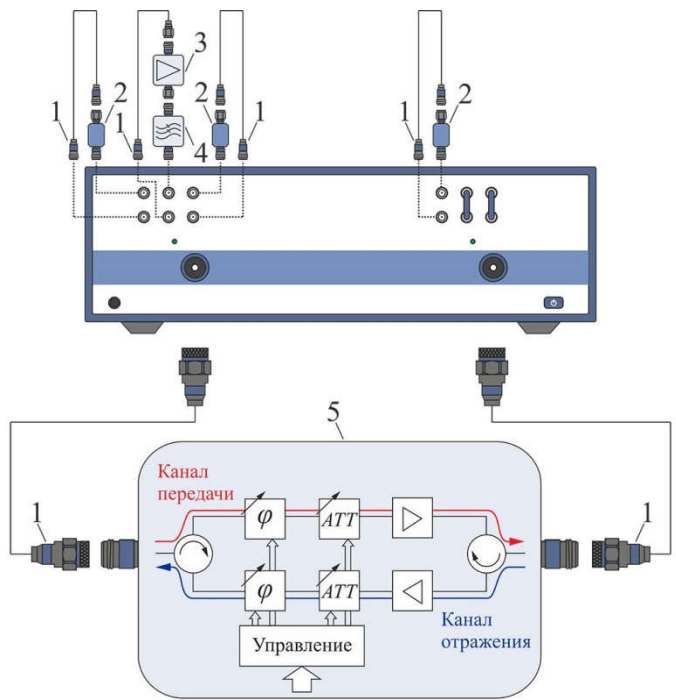
Все режимы измерений и функциональные возможности подробно представлены в части II руководства по эксплуатации.

На рисунках приведены типичные схемы измерений в соответствии с выбранным режимом.

S-параметры  1 – Измерительный кабель 2 – Исследуемое устройство Коэффициент отражения однопортового устройства  1 – Измерительные кабели 2 – Исследуемое устройство Одновременное измерение четырех элементов матрицы рассеяния двухпортового устройства за одно подключение. Изменение направления зондирования испытательного сигнала осуществляется встроенным переключателем	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

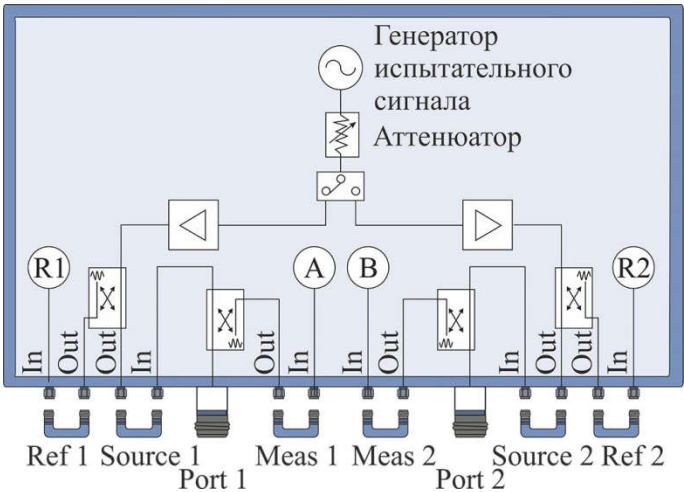
S-параметры  1 – Измерительные кабели 2 – Исследуемое устройство Одновременное измерение шестнадцати элементов матрицы рассеяния четырехпортового устройства за одно подключение	Измерение S-параметры Формат Ампл лог Ампл лин КСВН Фаза Фаза>180 ГВЗ Реал и Мним Поляр Вольп Анализ Электрическая задержка Смещение фазы Преобразование импеданса Преобразование параметров (Z, Y, инверсия S) Исключение цепи Встраивание цепи Временная область Функции Статистика Полоса пропускания Неравномерность Параметры фильтра
---	---

Прямой доступ к приемникам



- 1 – Кабели, 2 – Атенюаторы
3 – Усилитель, 4 – Фильтр нижних частот
5 – Измерительные кабели
6 – Исследуемое устройство

Измерение элементов матрицы рассеяния одного канала приемо-передающего устройства



Расположение перемычек для прямого доступа к приемникам

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

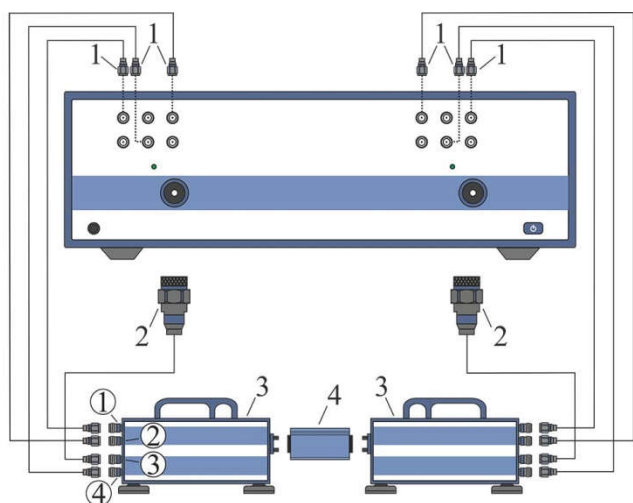
Статистика

Полоса пропускания

Неравномерность

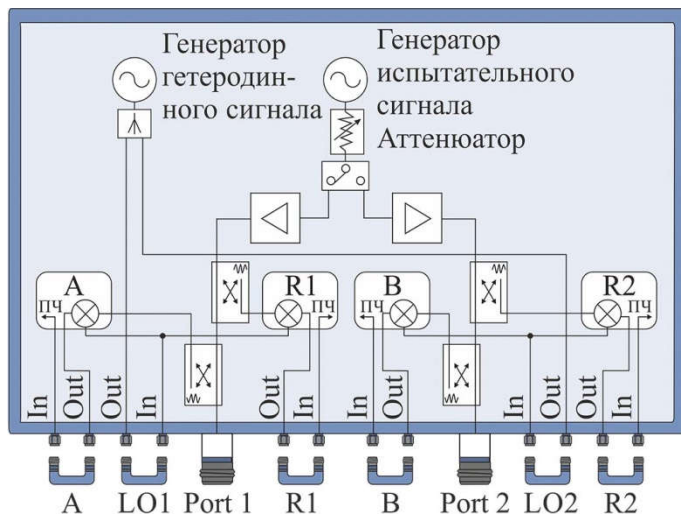
Параметры фильтра

Расширение диапазона частот



- | | |
|--------------|----------------------------|
| ① – IF TEST | 1 – Кабели |
| ② – IF REF | 2 – Измерительные кабели |
| ③ – RF INPUT | 3 – Расширители |
| ④ – LO INPUT | 4 – Исследуемое устройство |

Измерение элементов матрицы рассеяния двухпортового устройства с использованием внешних расширителей



Расположение перемычек для подключения расширителей

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

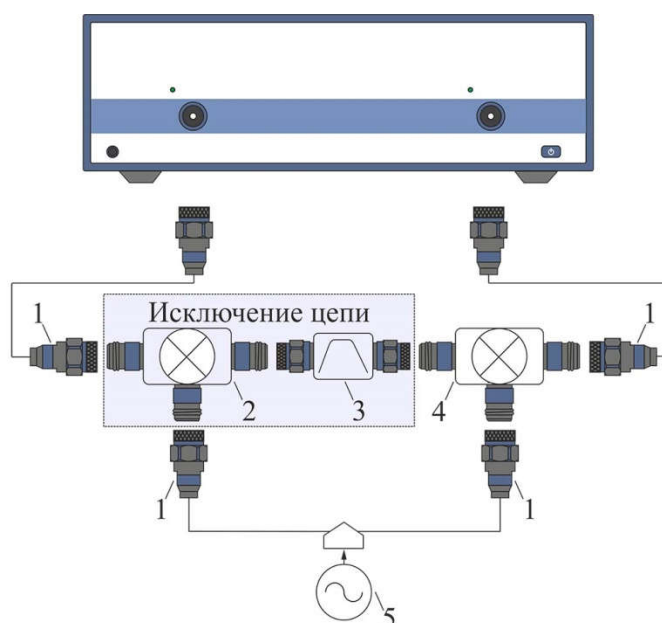
Полоса пропускания

Неравномерность

Параметры фильтра

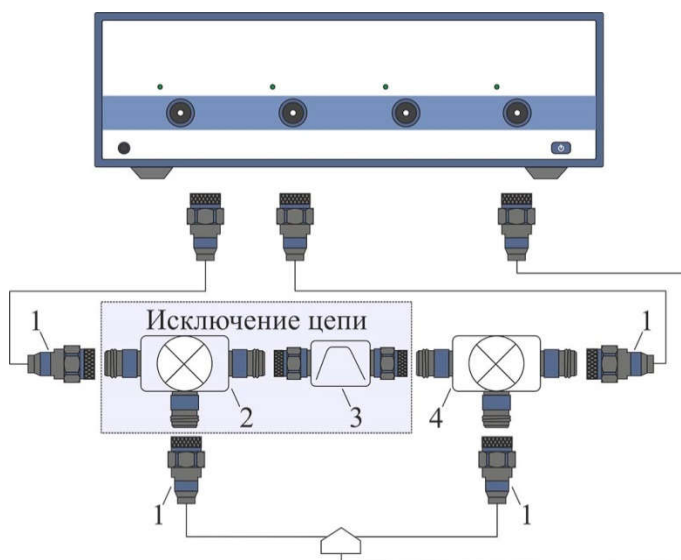
Балансные измерения	Измерение
1 – Измерительные кабели 2 – Исследуемое устройство Измерение параметров усилителя в дифференциальном режиме Небалансно-балансное устройство (SE-Bal) Логический небалансный порт 1 (SE) – Порт а Измеряемое устройство Порт b } Логический балансный порт 2 (Bal) Порт c } Балансно-балансное устройство (Bal-Bal) Логический балансный порт 1 (Bal) { Порт а Порт b } Измеряемое устройство Порт c } Логический балансный порт 2 (Bal) Порт d } Небалансно-небалансно-балансное устройство (SE-SE-Bal) Логический небалансный порт 1 (SE) – Порт а Логический небалансный порт 2 (SE) – Порт b Измеряемое устройство Порт c } Логический балансный порт 3 (Bal) Порт d } Балансное устройство (Bal) Логический балансный порт 1 (Bal) { Порт а Порт b } Измеряемое устройство Типы балансных цепей	Измерение S-параметры S-параметры в дифференциальном режиме Коэффициент ослабления синфазной составляющей Дисбаланс

Измерения с переносом частоты



- 1 – Измерительные кабели
 2 – Дополнительный смеситель
 3 – Фильтр, 4 – Исследуемое устройство
 5 – Источник сигнала (генератор)

Измерение параметров смесителя. В качестве гетеродина используется внешний источник сигнала



- 1 – Измерительные кабели
 2 – Дополнительный смеситель
 3 – Фильтр, 4 – Исследуемое устройство

Измерение параметров смесителя с помощью четырехпортового прибора

Измерение

S-параметры
 Коэффициент преобразования
 Групповое время запаздывания

Временная область 1 – Измерительный кабель 2 – Антенна Разделение сигналов во временной области с последующей селекцией Расчет импульсной характеристики цепи	Измерение Z-преобразование данных из частотной области предварительно умноженных на функцию окна Функции Тип преобразования: режим радиосигнала, режим видеосигнала Селекция
--	---

5 Поверка

Поверка осуществляется в соответствии с методикой – РТ-МП-3531-441-2016 (РНДМ.468166.002 МП) «ГСИ. Анализаторы цепей векторные С1205, С1207, С1209, С1214, С1220, С1409, С1420, С2209, С2409, С2220, С2420, С4209, С4409, С4220, С4420. Методика поверки».

Методика поверки разработана с учётом требований и рекомендаций, приведённых в МИ 3411-2013.

Поверка производится аккредитованными в установленном порядке в области обеспечения единства измерений юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями.



Определение погрешности измерений модуля и фазы коэффициентов передачи и отражения для анализаторов 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 анализаторов должен быть дополнен комплектом измерительных переходов и набором калибровочных мер (набором мер коэффициентов передачи и отражения) с соединителями в новом типе волновода.

Для выполнения поверки в полуавтоматическом режиме с возможностью протоколирования результатов измерений необходимо использовать программное обеспечение «VNA Performance Test».

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 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 одного типа отвечает программный модуль с набором тестов и инструкций. Каждый модуль обладает общими чертами: внешний вид, основные функции и управляющие элементы, справка.

Ниже приведен перечень операций, которые следует выполнить при поверке прибора.

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 $25\ \Omega$ линию передачи, в качестве меры отражения или полного сопротивления, и аттенюаторы 20 и 40 дБ. Поэлементная проверка выполняется в соответствии с МИ 3411-2013 и основана на методе сравнения калибровок, использование которого требует наличия эталонного средства калибровки с известными метрологическими характеристиками.

6 Техническое обслуживание

6.1 Введение

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

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

6.2 Порядок проведения технического обслуживания

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

При непосредственном использовании прибора по назначению проводятся следующие виды обслуживания:

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

При кратковременном хранении (до 1 года) проводится КО.

При длительном хранении (более 1 года) проводятся:

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

При контрольном осмотре осуществляются:

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

ТО–2 включает в себя:

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

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

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

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

- все операции ТО–1х;
- провести поверку;
- упаковать прибор;
- проверить состояние эксплуатационной документации;
- сделать в формуляре отметку о выполненных работах.

Контроль и профилактика электрических контактов.

Проверка по этому пункту включает следующие операции:

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

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

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

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

Контактные поверхности высокочастотных соединителей протирают в соответствии с 3.4.

7 Текущий ремонт

При поломке анализатора 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

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

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

9 Транспортирование

Погрузка и выгрузка упакованных анализаторов должны проводиться аккуратно, исключая удары и повреждения упаковки. При транспортировании приборы следует устанавливать согласно нанесенным на упаковке знакам. Не допускается кантование приборов.

Транспортировка анализаторов 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.).

Приборы 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.

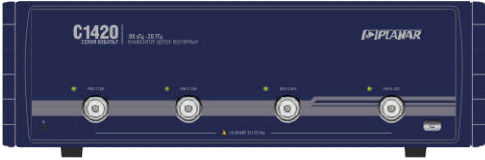
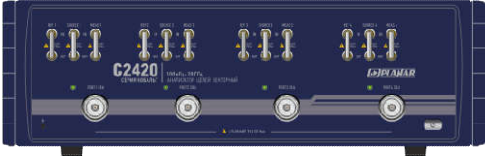
При транспортировании самолётом приборы должны быть размещены в отапливаемых герметизированных отсеках.

Приложение А
(справочное)
Обзор приборов

Анализатор	Диапазон частот Количество точек Время измерений Количество портов	Выходная мощность Средний уровень шума СКО трассы	Режимы измерений	Специальные режимы
C1205 	от 100 кГц до 4,8 ГГц от 1 до 500 001 10 мкс 2 порта, тип N	от минус 60 до 10 дБм минус 143 дБм/Гц 0,001 дБ	S-параметры Линейность Импеданс Преобразование частоты	Временная область Напряжение
C1207 	от 100 кГц до 7 ГГц от 1 до 500 001 10 мкс 2 порта, тип N	от минус 60 до 15 дБм минус 143 дБм/Гц 0,001 дБ	S-параметры Линейность Импеданс Преобразование частоты	Временная область Напряжение

 C1209	от 100 кГц до 9 ГГц от 1 до 500 001 10 мкс 2 порта, тип N	от минус 60 до 15 дБм минус 143 дБм/Гц 0,001 дБ	S-параметры Линейность Импеданс Преобразование частоты	Временная область Напряжение
 C2209	от 100 кГц до 9 ГГц от 1 до 500 001 10 мкс 2 порта, тип N	от минус 60 до 15 дБм минус 143 дБм/Гц 0,001 дБ	S-параметры Линейность Импеданс Преобразование частоты	Прямой доступ к приемникам Временная область Напряжение
 C4209	от 100 кГц до 9 ГГц расширение до 110 ГГц от 1 до 500 001 10 мкс 2 порта, тип N	от минус 60 до 15 дБм минус 143 дБм/Гц 0,001 дБ	S-параметры Линейность Импеданс Преобразование частоты	Расширение диапазона частот Временная область Напряжение
 C1409	от 100 кГц до 9 ГГц от 1 до 500 001 10 мкс 4 порта, тип N	от минус 60 до 15 дБм минус 143 дБм/Гц 0,001 дБ	S-параметры Линейность Импеданс Преобразование частоты	Балансные измерения Временная область Напряжение

 C2409	от 100 кГц до 9 ГГц от 1 до 500 001 10 мкс 4 порта, тип N	от минус 60 до 15 дБм минус 143 дБм/Гц 0,001 дБ	S-параметры Линейность Импеданс Преобразование частоты	Прямой доступ к приемникам Балансные измерения Временная область Напряжение
 C4409	от 100 кГц до 9 ГГц расширение до 110 ГГц от 1 до 500 001 10 мкс 4 порта, тип N	от минус 60 до 15 дБм минус 143 дБм/Гц 0,001 дБ	S-параметры Линейность Импеданс Преобразование частоты	Расширение диапазона частот Балансные измерения Временная область Напряжение
 C1214	от 100 кГц до 14 ГГц от 1 до 500 001 12 мкс 2 порта, тип N	от минус 60 до 10 дБм минус 133 дБм/Гц 0,001 дБ	S-параметры Линейность Импеданс Преобразование частоты	Временная область Напряжение
 C1220	от 100 кГц до 20 ГГц от 1 до 500 001 12 мкс 2 порта, NMD 3,5 мм	от минус 60 до 10 дБм минус 133 дБм/Гц 0,001 дБ	S-параметры Линейность Импеданс Преобразование частоты	Временная область Напряжение

C2220 	от 100 кГц до 20 ГГц от 1 до 500 001 12 мкс 2 порта, NMD 3,5 мм	от минус 60 до 10 дБм минус 133 дБм/Гц 0,001 дБ	S-параметры Линейность Импеданс Преобразование частоты	Прямой доступ к приемникам Временная область Напряжение
C4220 	от 100 кГц до 20 ГГц расширение до 110 ГГц от 1 до 500 001 12 мкс 2 порта, NMD 3,5 мм	от минус 60 до 10 дБм минус 133 дБм/Гц 0,001 дБ	S-параметры Линейность Импеданс Преобразование частоты	Расширение диапазона частот Временная область Напряжение
C1420 	от 100 кГц до 20 ГГц от 1 до 500 001 12 мкс 4 порта, NMD 3,5 мм	от минус 60 до 10 дБм минус 133 дБм/Гц 0,001 дБ	S-параметры Линейность Импеданс Преобразование частоты	Балансные измерения Временная область Напряжение
C2420 	от 100 кГц до 20 ГГц от 1 до 500 001 12 мкс 4 порта, NMD 3,5 мм	от минус 60 до 10 дБм минус 133 дБм/Гц 0,001 дБ	S-параметры Линейность Импеданс Преобразование частоты	Прямой доступ к приемникам Балансные измерения Временная область Напряжение



от 100 кГц до 20 ГГц
расширение до
110 ГГц
от 1 до 500 001
12 мкс
4 порта, NMD
3,5 мм

от минус 60 до
10 дБм
минус 133 дБм/Гц
0,001 дБ

S-параметры
Линейность
Импеданс
Преобразование частоты

Расширение диапазона частот
Балансные измерения
Временная область
Напряжение