

**«ВЕКТОР 50-75 ГГц», «ВЕКТОР 75-110 ГГц»,
«ВЕКТОР 78-118 ГГц», «ВЕКТОР 110-170 ГГц»**

МОДУЛИ РАСШИРЕНИЯ ЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА
РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

РЭ 26.51.43-193-21477812-2023

Версия 24.4 05.11.2024



МОДУЛИ РАСШИРЕНИЯ ЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА

ВЕКТОР 50-75 ГГц

ВЕКТОР 75-110 ГГц

ВЕКТОР 78-118 ГГц

ВЕКТОР 110-170 ГГц

РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

Ноябрь 2024 г

Содержание

1 Введение	5
2 Требования безопасности	8
3 Описание и принцип работы	12
3.1 Назначение и область применения	12
3.2 Состав	13
3.3 Технические характеристики	19
3.3.1 Основные технические характеристики	19
3.3.2 Справочные технические характеристики	24
3.3.3 Функциональные возможности	31
3.4 Устройство и принцип работы	39
4 Подготовка к работе	43
4.1 Общие положения	43
4.2 Распаковывание и повторное упаковывание	43
4.2.1 Распаковывание	44
4.2.2 Упаковывание	44
5 Порядок работы	47
5.1 Расположение органов управления	47
5.1.1 Передняя панель	48
5.1.2 Задняя панель	48
5.2 Схемы подключения	50
5.3 Подключение и отключение устройств	55
5.4 Порядок включения и выключения	56
5.5 Выбор модулей в программном обеспечении	58
5.6 Установка мощности аттенюатора	59
5.7 Установка параметров модуля	60
5.8 Порядок проведения измерений	61
5.9 Калибровка	63
6 Техническое обслуживание	65
6.1 Порядок проведения технического обслуживания	65
6.2 Внешний осмотр	66

Содержание

6.3 Чистка волновода	67
6.4 Чистка соединителей	68
6.5 Проверка присоединительных размеров	69
7 Текущий ремонт	71
8 Хранение	71
9 Транспортирование	72
10 Приложение А Сокращения	73
11 Приложение Б Установка уровня мощности измерительного и гетеродинного сигналов	76

1 Введение

Настоящее руководство по эксплуатации предназначено для изучения работы, принципа действия, правил использования, транспортирования и хранения модулей расширения частотного диапазона «ВЕКТОР 50 - 75 ГГц», «ВЕКТОР 75 - 110 ГГц», «ВЕКТОР 78 - 118 ГГц», «ВЕКТОР 110 - 170 ГГц» (далее – модули, МРЧД).

Настоящее руководство по эксплуатации является дополнением к эксплуатационной документации двух- и четырёхпортовых анализаторов цепей векторных серии Кобальт модели С4220, С4420 (далее – анализатор).

Анализаторы С4220, С4420 имеют переключки на передней конфигурируемой панели для подключения модулей расширения частотного диапазона – внешних преобразователей. Дополнительно на задней панели таких анализаторов есть соединители для передачи сигналов управления и электропитания. Применение модулей обеспечивает смещение верхней границы диапазона рабочих частот при измерении комплексных коэффициентов передачи и отражения.

В таблице 1 перечислены функциональные особенности анализаторов с модулями.

Таблица 1 – Перечень модулей и анализаторов

Анализатор	Модуль	Диапазон рабочих частот
С4220, С4420	Без модулей	от 100 кГц до 20 ГГц
С4220, С4420	ВЕКТОР 50 - 75 ГГц ВЕКТОР 50 - 75 ГГц с опцией А75 ^{1, 4}	от 50 ГГц до 75 ГГц (V band)
С4220, С4420	ВЕКТОР 50 - 75 ГГц с опцией В78 ²	от 53 ГГц до 78,3 ГГц
С4220, С4420	ВЕКТОР 75 - 110 ГГц ВЕКТОР 75 - 110 ГГц с опцией А110 ¹	от 75 ГГц до 110 ГГц (W band)
С4220, С4420	ВЕКТОР 78 - 118 ГГц	от 78 ГГц до 118,1 ГГц

Анализатор	Модуль	Диапазон рабочих частот
	ВЕКТОР 78 - 118 ГГц с опцией А118 ¹	
С4220, С4420	ВЕКТОР 110 - 170 ГГц ВЕКТОР 110 - 170 ГГц с опцией А170 ^{1 5}	от 110 ГГц до 170 ГГц (D band)
С4220, С4420	ВЕКТОР 110 - 170 ГГц с опцией В178 ³	от 118 ГГц до 178,4 ГГц

ПРИМЕЧАНИЯ:

1 Модули с аппаратной опцией встроенного электронного аттенюатора. Наличие опции определяется при заказе.

2 Модули с опцией диапазона частот 53-78 ГГц (только для модификации ВЕКТОР 50-75 ГГц). Наличие опции определяется при заказе.

3 Модули с опцией диапазона частот 118-178,4 ГГц (только для модификации ВЕКТОР 110-170 ГГц). Наличие опции определяется при заказе.

4 Верхняя граница диапазона рабочих частот для опции А75 равна 78 ГГц при наличии опции В78.

5 Верхняя граница диапазона рабочих частот для опции А170 равна 178 ГГц при наличии опции В178.

Описание анализаторов, работающих как отдельные средства измерений, приведено в их руководстве по эксплуатации. Информация о векторных анализаторах цепей доступна на сайте www.planarchel.ru.

Перед началом эксплуатации модуля необходимо ознакомиться с настоящим руководством и руководством по эксплуатации на анализатор цепей векторный серии Кобальт.

Работа с модулем и его техническое обслуживание должны осуществляться квалифицированным персоналом с инженерной подготовкой, имеющим навыки по работе с устройствами СВЧ и персональным компьютером (ПК).

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

ВНИМАНИЕ!

Данный документ является результатом творческого труда и интеллектуальной деятельности сотрудников предприятия-изготовителя. Не допускается использование данного документа, равно как и его части без указания наименования 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 модуля или его частей, нарушения правил безопасности и несоблюдения прочих необходимых мер предосторожности.

2 Требования безопасности

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

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

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

Заземление модулей производится через кабель управления, подключенный к анализатору.

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

ВНИМАНИЕ!

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

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

ВНИМАНИЕ!

Перед включением модуля следует визуально проверить исправность кабеля управления.

ЗАПРЕЩАЕТСЯ производить соединение или разъединение кабеля управления модуля при включенном анализаторе.

ВНИМАНИЕ!

ЗАПРЕЩАЕТСЯ нарушать защитные пломбы, производить самостоятельный ремонт модуля.

Защита от электростатического разряда

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

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

ВНИМАНИЕ!

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



Значения сопротивлений R2 или R3 должны соответствовать рекомендациям производителя антистатического оборудования

Рисунок 1 – Минимальные требования к организации рабочего места с защитой от электростатических разрядов

Защита от электромагнитных полей

На рабочем месте должны быть приняты меры по обеспечению защиты от электромагнитных полей.

ВНИМАНИЕ!

Электромагнитное поле обладает определённой энергией и распространяется в виде электромагнитных волн, которые, поглощаясь организмом человека, могут оказать вредное влияние на него. Люди, оказавшиеся под электромагнитным излучением, обычно быстро утомляются, жалуются на головные боли, общую слабость, боли в области сердца, у

них увеличивается потливость, раздражительность, становится тревожным сон.

Энергия СВЧ, падающая на поверхность человека, частично отражается, а частично поглощается, проникает в глубину ткани. Степень отражения энергии от поверхности тела человека и глубина проникновения зависят от длины волны и жирового слоя на участке облучения. Такие органы, как головной и спинной мозг, имеют незначительный жировой слой, а глаза не имеют его вовсе. Следовательно, эти органы наиболее подвержены воздействию СВЧ. При достаточно большой интенсивности облучения возможна катаракта (помутнение хрусталика) глаза.

Функциональные нарушения в ранней стадии, вызываемые действиями СВЧ, являются обратимыми, если прервать контакт с излучением или улучшить условия труда¹.

Для предотвращения неблагоприятного воздействия электромагнитного поля на организм человека, ЗАПРЕЩАЕТСЯ:

- смотреть в открытый волновод, если он подключен к источнику электромагнитного излучения, а источник работает в режиме излучения;
- находиться в местах, где интенсивность электромагнитного излучения превышает допустимые уровни.

ПРИМЕЧАНИЕ – Требования безопасности при эксплуатации вооружения и военной техники и проведении занятий по боевой подготовке: Учебное пособие / В.Н. Алтынбаев. – Ульяновск: УлГТУ, 2003. – 64 с.

3 Описание и принцип работы

3.1 Назначение и область применения

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

Подключение к анализатору цепей векторных модулей расширения частотного диапазона, объединяет анализатор и модули в единую измерительную систему комплексных коэффициентов передачи и отражения с расширением верхней границы диапазона рабочих частот. Перечень анализаторов, поддерживающих подключение модулей, приведен в таблице 2.

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

Таблица 2 – Перечень анализаторов, поддерживающих подключение модулей

Анализатор	Диапазон рабочих частот	Количество подключаемых модулей
Двухпортовые анализаторы		
C4220	от 100 кГц до 20 ГГц	от 1 до 2
Четырехпортовые анализаторы		
C4420	от 100 кГц до 20 ГГц	от 1 до 4

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

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

3.2 Состав

Комплект поставки модуля указан в таблице 3

Таблица 3 – Состав поставки

Наименование	Обозначение	Кол-во, шт.	Примечание
Модуль расширения частотного диапазона	ВЕКТОР 50 - 75 ГГц ¹ или ВЕКТОР 75 -110 ГГц или ВЕКТОР 78 - 118 ГГц или ВЕКТОР 110 -170 ГГц	1	
Кабель управления	–	1	Длина 2,0 м
Кабель RF (SMA, вилка – SMA, вилка)	–	1	Длина 1,2 м
Кабель LO (SMA, вилка – SMA, вилка)	–	1	Длина 1,2 м
Кабель IF (SMA, вилка – SMA, вилка)	–	2	Длина 1,2 м
Переход коаксиальный с соединителями 3,5 мм, розетка – 3,5 мм, розетка (розетка дюйм - розетка дюйм)	ADP1A-35F-35F	1	
Комплект болтов для соединения волноводных фланцев	–	1	6 шт.
Волноводная секция	см. таблицу 6	–	
Отвёртка hex 2	–	1	

Наименование	Обозначение	Кол-во, шт.	Примечание
Руководство по эксплуатации	РЭ 26.51.43-193-21477812-2023	–	размещено на сайте www.planarchel.ru
Формуляр	–	1	

ПРИМЕЧАНИЕ – Модификации модулей, наименование и волноводных секций и опции определяются при заказе. Доступные опции см. в таблице 4.

Таблица 4 – Опции модулей

Модификация модуля	Опция	Описание
ВЕКТОР 50 - 75 ГГц	A75 ²	аппаратная опция встроенного электронного аттенюатора
	B78	диапазон частот 53-78 ГГц
ВЕКТОР 75 -110 ГГц	A110	аппаратная опция встроенного электронного аттенюатора
ВЕКТОР 78 - 118 ГГц	A118	аппаратная опция встроенного электронного аттенюатора
ВЕКТОР 110 -170 ГГц	A170 ³	аппаратная опция встроенного электронного аттенюатора
	B178	диапазон частот 118-178 ГГц

ПРИМЕЧАНИЯ:

1 Наличие опций у модуля определяется при заказе.

2 Верхняя граница диапазона рабочих частот для опции A75 равна 78 ГГц при наличии опции B78.

3 Верхняя граница диапазона рабочих частот для опции A170 равна 178 ГГц при наличии опции B178.

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.

Для эксплуатации модулей могут использоваться аксессуары, к которым относятся волноводные и коаксиально-волноводные переходы (адаптеры), а также средства калибровки. Список предлагаемых поставщиком аксессуаров приведен в таблицах далее. Указанные аксессуары поставляются по отдельному заказу. Допускается использовать коммерчески доступные аксессуары любых производителей с трактами и типами фланца, указанными в п. [Технических характеристиках](#), и с присоединительными размерами, указанными в п. [Проверка присоединительных размеров](#).

Таблица 5 – Аксессуары общего назначения

Наименование	Обозначение
Регулируемая ножка	ТМ0023.00.530
Система для позиционирования	ВЕКТОР-СП
ПРИМЕЧАНИЕ – Количество и комплект аксессуаров определяются при заказе.	

Таблица 6 – Волноводные секции

Модификация модуля	Наименование	Обозначение	Производитель
ВЕКТОР 50 - 75 ГГц с опцией В78	Переход волноводный плавный WR-15 – 3,6 x 1,8 мм	В78	ООО "МВЭЙВ"
ВЕКТОР 78 - 118 ГГц, ВЕКТОР 78 - 118 ГГц с опцией А118	Переход волноводный плавный WR-10 – 2,4 x 1,2 мм	В118	ООО "МВЭЙВ"
ВЕКТОР 110 -170 ГГц с опцией В178	Переход волноводный	В178	ООО "МВЭЙВ"

Модификация модуля	Наименование	Обозначение	Производитель
	плавный WR-06 – 1,6 x 0,8 мм		
ВЕКТОР 50 - 75 ГГц, ВЕКТОР 50 - 75 ГГц с опцией А75	Волноводная секция WR-15, 51 мм	В75	ООО "МВЭЙВ"
ВЕКТОР 75 -110 ГГц, ВЕКТОР 75 -110 ГГц с опцией А110	Волноводная секция WR-10, 51 мм	В110	ООО "МВЭЙВ"
ВЕКТОР 110 -170 ГГц, ВЕКТОР 110 -170 ГГц с опцией А170	Волноводная секция WR-6, 51 мм	В170	ООО "МВЭЙВ"
ПРИМЕЧАНИЕ – Наименование волноводной секции зависит от модификации модуля и определяются при заказе.			

Средства калибровки предназначены для выполнения настройки модулей перед использованием, позволяющей существенно снизить погрешность измерений комплексных коэффициентов передачи и отражения. Для калибровки могут использоваться наборы мер с резистивными согласованными нагрузками или с согласованными нагрузками с подвижным поглотителем, а также наборы мер с отрезками прецизионных линий передачи. Перечень рекомендуемых средств калибровки приведен в таблице 7, требования к параметрам нагрузок из состава наборов мер перечислены в таблице 2.

Таблица 7 – Комплекты волноводных калибровочных мер

Наименование	Обозначение	Тракт и тип фланца	Производитель
Прецизионные			
Комплект мер калибровочных от 50	ВЕКТОР-КН 50 – 75 ГГц	WR-15, UG-385/U	ООО "МВЭЙВ"

Наименование	Обозначение	Тракт и тип фланца	Производитель
до 75 ГГц, WR15, UG-385/U			
Комплект мер калибровочных от 75 до 110 ГГц, WR10, UG-387/UM	ВЕКТОР-КН 75 – 110 ГГц	WR-10, UG-387/UM	ООО "МВЭЙВ"
Комплект мер калибровочных от 110 до 170 ГГц, WR06, UG-387/UM	ВЕКТОР-КН 110 – 170 ГГц	WR-06, UG-387/UM	ООО "МВЭЙВ"
Комплект мер калибровочных от 53,57 до 78,33 ГГц, 3,6x1,8 мм	ВЕКТОР-КН 53 – 78 ГГц	3,6 x 1,8 мм	ООО "МВЭЙВ"
Комплект мер калибровочных от 78,33 до 118,1 ГГц, 2,4x1,2 мм	ВЕКТОР-КН 78 – 118 ГГц	2,4 x 1,2 мм	ООО "МВЭЙВ"
Комплект мер калибровочных от 118,1 до 178,4 ГГц, 1,6x0,8 мм	ВЕКТОР-КН 118 – 178 ГГц	1,6 x 0,8 мм	ООО "МВЭЙВ"

ПРИМЕЧАНИЕ – Количество и комплект мер определяются при заказе.

Для предотвращения поломки коаксиальных соединителей и обеспечения максимальной повторяемости результата измерений, подключение устройств рекомендуется выполнять с помощью тарированных ключей. Перечень рекомендуемых ключей приведен в таблице 8.

ВНИМАНИЕ! Затягивание гаек соединителей следует выполнять с помощью тарированного ключа (зев 8 мм) с нормированным значением крутящего момента:

- от 0,56 Н·м для соединителей тип SMA.

Таблица 8 – Ключи тарированные

Наименование	Обозначение	Производитель
Ключ тарированный	TW-2	НПК ТАИР
Ключ тарированный	КТ	НПФ Микран
Ключ тарированный	АНО TW	Anoison
ПРИМЕЧАНИЕ – Количество ключей определяются при заказе.		

Таблица 9 – Ключи поддерживающие

Наименование	Обозначение	Производитель
Ключ поддерживающий	W-1	НПК ТАИР
Ключ поддерживающий	КП	НПФ Микран
ПРИМЕЧАНИЕ – Количество ключей определяются при заказе.		

3.3 Технические характеристики

3.3.1 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 (1 мВт).

Применяйте прецизионные аксессуары для получения пределов погрешности измерений модуля и фазы коэффициентов передачи и отражения, указанных в таблице 10. При использовании аксессуаров общего применения пределы погрешности могут быть увеличены.

Таблица 10 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение характеристики
Диапазон рабочих частот, ГГц:	
ВЕКТОР 50 - 75 ГГц, ВЕКТОР 50 - 75 ГГц с опцией A75	от 50 до 75
ВЕКТОР 50 - 75 ГГц с опцией B78	от 53 до 78,3
ВЕКТОР 75 - 110 ГГц, ВЕКТОР 75 - 110 ГГц с опцией A110	от 75 до 110
ВЕКТОР 78 - 118 ГГц, ВЕКТОР 78 - 118 ГГц с опцией A118	от 78 до 118,1
ВЕКТОР 110 - 170 ГГц, ВЕКТОР 110 - 170 ГГц с опцией A170	от 110 до 170
ВЕКТОР 110 - 170 ГГц с опцией B178	от 118 до 178,4
Пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты выходного сигнала совместно с C4220, C4420	$\pm 5 \cdot 10^{-6}$

Наименование характеристики	Значение характеристики
<p>Максимальная выходная мощность P_{max}, дБ (1 мВт), не менее:</p> <p>ВЕКТОР 50 - 75 ГГц, ВЕКТОР 50 - 75 ГГц с опцией В78</p> <p>ВЕКТОР 75 - 110 ГГц</p> <p>ВЕКТОР 78 - 118 ГГц</p> <p>ВЕКТОР 110 - 170 ГГц</p> <p>ВЕКТОР 110 - 170 ГГц с опцией В178:</p> <p>от 118,1 до 170 ГГц включ.</p> <p>св. 170 до 178,4 ГГц</p>	<p>10</p> <p>6</p> <p>0</p> <p>минус 6</p> <p>минус 6</p> <p>минус 21</p>
<p>Максимальная выходная мощность с опциями А75/А110/А118/А170, дБ (1 мВт), не менее</p>	<p>$P_{max} - 2$</p>
<p>Диапазон перестройки аттенюатора для опций А75/А110/А118/А170, дБ, не менее</p>	<p>от минус 35 до 0</p>
<p>Динамический диапазон для полосы пропускания 10 Гц, дБ, не менее:</p> <p>ВЕКТОР 50 - 75 ГГц, ВЕКТОР 50 - 75 ГГц с опцией В78, ВЕКТОР 75 - 110 ГГц</p> <p>ВЕКТОР 78 - 118 ГГц</p> <p>ВЕКТОР 110 - 170 ГГц</p> <p>ВЕКТОР 110 - 170 ГГц с опцией В178:</p> <p>от 118,1 до 170 ГГц включ.</p> <p>св. 170 до 178,4 ГГц</p>	<p>110</p> <p>100</p> <p>95</p> <p>95</p> <p>80</p>

Наименование характеристики	Значение характеристики
Среднее квадратическое отклонение шумов измерительной трассы при измерении модуля коэффициента отражения 0 дБ в полосе пропускания 1 кГц в диапазоне частот, дБ, не более	0,005
<p>Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля коэффициента отражения S11 в диапазоне от 0 до 1 в зависимости от вида калибровки 1, 2 и диапазона частот, отн. ед.:</p> <p>калибровка TRL:</p> <p>от 50 до 78,3 ГГц включ. ±0,013</p> <p>от 75 до 118,1 ГГц включ. ±0,016</p> <p>от 110 до 178,4 ГГц включ. ±0,019</p> <p>калибровка OSM/TOSM:</p> <p>от 50 до 78,3 ГГц включ. ±0,025</p> <p>от 75 до 118,1 ГГц включ. ±0,027</p> <p>от 110 до 178,4 ГГц включ. ±0,030</p>	
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений фазы коэффициента отражения в диапазоне S11 от 0,02 до 1, градус:	$\pm(1+57 \cdot \arcsin(\Delta S_{11} / S_{11}))$
<p>Нелинейность приемников L в динамическом диапазоне, дБ:</p> <p>ВЕКТОР 50 - 75 ГГц, ВЕКТОР 50 - 75 ГГц с опцией В78, ВЕКТОР 75 - 110 ГГц:</p> <p>от минус 60 до 0 дБ ±0,15</p> <p>ВЕКТОР 78 - 118 ГГц:</p>	

Наименование характеристики	Значение характеристики
от минус 50 до 0 дБ ВЕКТОР 110 - 170 ГГц:	±0,15
от минус 40 до 0 дБ ВЕКТОР 110 - 170 ГГц с опцией В178:	±0,20
от 118,1 до 170 ГГц включ.:	
от минус 40 до 0 дБ	±0,20
от 170 до 178,4 ГГц:	
от минус 40 до 0 дБ	±0,30
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля коэффициента передачи S21 из-за трекинга передачи Т по МИ 3411-2013, дБ	±0,05
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля коэффициента передачи S21 ^{2,3} , дБ	±(Т+L)
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений фазы коэффициента передачи S21, градус	$\pm(0,5+57 \cdot \arcsin(\Delta S_{21} /8,6))$
<p>ПРИМЕЧАНИЯ:</p> <p>1 Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений коэффициента отражения нормированы для измерения коэффициентов отражения двухполюсников или многополюсников с бесконечным ослаблением.</p> <p>2 При изменении температуры не более, чем ±1 оС после калибровки.</p> <p>3 Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений коэффициента передачи нормированы для измерения коэффициентов передачи согласованных многополюсников при полосе пропускания 10 Гц.</p>	

Таблица 11 – Основные технические характеристики

Наименование характеристики	Значение характеристики
Параметры электрического питания: напряжение постоянного тока, В потребляемая мощность, Вт	 12 12
Время прогрева, мин	30
Габаритные размеры (длина × ширина × высота), мм: без переходной секции: ВЕКТОР 50 - 75 ГГц, ВЕКТОР 75 - 110 ГГц ВЕКТОР 110 - 170 ГГц с переходной секцией: ВЕКТОР 50 - 75 ГГц, ВЕКТОР 75 - 110 ГГц ВЕКТОР 50 - 75 ГГц с опцией В78, ВЕКТОР 78 - 118 ГГц ВЕКТОР 110 - 170 ГГц ВЕКТОР 110 - 170 ГГц с опцией В178	 340 x 140 x 93 297 x 120 x 93 391 x 140 x 93 370 x 140 x 93 348 x 120 x 93 327 x 120 x 93
Масса, кг, не более	3,3
Нормальные условия применения: температура окружающего воздуха, °С относительная влажность воздуха, %	 от +15 до +30 от 40 до 90

3.3.2 Справочные технические характеристики

Таблица 12 – Справочные технические характеристики

Наименование характеристики	Значение характеристики
<p>Точка компрессии по уровню 0,1 дБ измерительного порта, дБ (1 мВт):</p> <p>ВЕКТОР 50 - 75 ГГц, ВЕКТОР 50 - 75 ГГц с опцией А75, ВЕКТОР 50 - 75 ГГц с опцией В78</p> <p>ВЕКТОР 75 - 110 ГГц, ВЕКТОР 75 - 110 ГГц с опцией А110</p> <p>ВЕКТОР 78 - 118 ГГц, ВЕКТОР 78 - 118 ГГц с опцией А118</p> <p>ВЕКТОР 110 - 170 ГГц, ВЕКТОР 110 - 170 ГГц с опцией А170, ВЕКТОР 110 - 170 ГГц с опцией В178</p>	<p>16 (тип.)</p> <p>14 (тип.)</p> <p>6 (тип.)</p> <p>3 (тип.)</p>
Направленность нескорректированная, дБ	18
Время установления рабочего режима, мин	60
Время непрерывной работы, ч	16
Типичные характеристики	
<p>Максимальный уровень выходной мощности, дБм:</p> <p>ВЕКТОР 50 - 75 ГГц, ВЕКТОР 50 - 75 ГГц с опцией А75, ВЕКТОР 50 - 75 ГГц с опцией В78</p> <p>ВЕКТОР 75 - 110 ГГц, ВЕКТОР 75 - 110 ГГц с опцией А110</p> <p>ВЕКТОР 78 - 118 ГГц, ВЕКТОР 78 - 118 ГГц с опцией А118</p> <p>ВЕКТОР 110 - 170 ГГц, ВЕКТОР 110 - 170 ГГц с опцией А170, ВЕКТОР 110 - 170 ГГц с опцией В178</p>	<p>14 (тип.)</p> <p>10 (тип.)</p> <p>3 (тип.)</p> <p>-2 (тип.)</p>
<p>Динамический диапазон при ПЧ 10 Гц, дБ:</p> <p>ВЕКТОР 50 - 75 ГГц, ВЕКТОР 50 - 75 ГГц с опцией А75, ВЕКТОР 50 - 75 ГГц с опцией В78, ВЕКТОР 75 -</p>	120 (тип.)

Наименование характеристики	Значение характеристики
<p>110 ГГц, ВЕКТОР 75 - 110 ГГц с опцией A110</p> <p>ВЕКТОР 78 - 118 ГГц, ВЕКТОР 78 - 118 ГГц с опцией A118, ВЕКТОР 110 - 170 ГГц, ВЕКТОР 110 - 170 ГГц с опцией A170</p> <p>ВЕКТОР 110 - 170 ГГц с опцией B178</p>	<p>110 (тип.)</p> <p>105 (тип.)</p>
Вход «RF IN»	
<p>Диапазон частот, ГГц:</p> <p>ВЕКТОР 50 - 75 ГГц, ВЕКТОР 50 - 75 ГГц с опцией A75</p> <p>ВЕКТОР 50 - 75 ГГц с опцией B78</p> <p>ВЕКТОР 75 - 110 ГГц, ВЕКТОР 75 - 110 ГГц с опцией A110</p> <p>ВЕКТОР 78 - 118 ГГц, ВЕКТОР 78 - 118 ГГц с опцией A118</p> <p>ВЕКТОР 110 - 170 ГГц, ВЕКТОР 110 - 170 ГГц с опцией A170</p> <p>ВЕКТОР 110 - 170 ГГц с опцией B178</p>	<p>от 12,5 до 18,75</p> <p>от 12,5 до 19,5</p> <p>от 12,5 до 18,33</p> <p>от 9,75 до 14,75</p> <p>от 9,16 до 14,17</p> <p>от 9,83 до 14,83</p>
<p>Множитель:</p> <p>ВЕКТОР 50 - 75 ГГц, ВЕКТОР 50 - 75 ГГц с опцией A75, ВЕКТОР 50 - 75 ГГц с опцией B78</p> <p>ВЕКТОР 75 - 110 ГГц, ВЕКТОР 75 - 110 ГГц с опцией A110</p> <p>ВЕКТОР 78 - 118 ГГц, ВЕКТОР 78 - 118 ГГц с опцией A118</p> <p>ВЕКТОР 110 - 170 ГГц, ВЕКТОР 110 - 170 ГГц с опцией A170, ВЕКТОР 110 - 170 ГГц с опцией B178</p>	<p>4</p> <p>6</p> <p>8</p> <p>12</p>
<p>Уровень мощности, дБ (1 мВт):</p> <p>ВЕКТОР 50 - 75 ГГц, ВЕКТОР 50 - 75 ГГц с опцией A75, ВЕКТОР 50 - 75 ГГц с опцией B78, ВЕКТОР 75 -</p>	<p>от плюс 1 до плюс 10</p>

Наименование характеристики	Значение характеристики
<p>110 ГГц, ВЕКТОР 75 - 110 ГГц с опцией A110</p> <p>ВЕКТОР 78 - 118 ГГц, ВЕКТОР 78 - 118 ГГц с опцией A118</p> <p>ВЕКТОР 110 - 170 ГГц, ВЕКТОР 110 - 170 ГГц с опцией A170, ВЕКТОР 110 - 170 ГГц с опцией B178</p>	<p>от плюс 1 до плюс 8</p> <p>от плюс 1 до плюс 6</p>
<p>Допустимый уровень мощности, дБ (1 мВт):</p> <p>ВЕКТОР 50 - 75 ГГц, ВЕКТОР 50 - 75 ГГц с опцией A75, ВЕКТОР 50 - 75 ГГц с опцией B78, ВЕКТОР 75 - 110 ГГц, ВЕКТОР 75 - 110 ГГц с опцией A110</p> <p>ВЕКТОР 78 - 118 ГГц, , ВЕКТОР 78 - 118 ГГц с опцией A118, ВЕКТОР 110 - 170 ГГц, ВЕКТОР 110 - 170 ГГц с опцией A170, ВЕКТОР 110 - 170 ГГц с опцией B178</p>	<p>15</p> <p>10</p>
<p>Максимальный допустимый уровень мощности, дБ (1 мВт)</p>	<p>15</p>
<p>Максимальный уровень напряжения постоянного тока, В</p>	<p>10</p>
<p>Тип соединителя</p>	<p>3,5 мм, розетка</p>
<p>Вход «LO IN»</p>	
<p>Диапазон частот, ГГц</p> <p>ВЕКТОР 50 - 75 ГГц, ВЕКТОР 50 - 75 ГГц с опцией A75</p> <p>ВЕКТОР 50 - 75 ГГц с опцией B78</p> <p>ВЕКТОР 75 - 110 ГГц, ВЕКТОР 75 - 110 ГГц с опцией A110</p> <p>ВЕКТОР 78 - 118 ГГц, ВЕКТОР 78 - 118 ГГц с опцией A118</p> <p>ВЕКТОР 110 - 170 ГГц, ВЕКТОР 110 - 170 ГГц с опцией A170</p>	<p>от 12,5 до 18,75</p> <p>от 12,5 до 19,5</p> <p>от 9,4 до 13,75</p> <p>от 9,75 до 14,75</p> <p>от 9,16 до 14,17</p>

Наименование характеристики	Значение характеристики
ВЕКТОР 110 - 170 ГГц с опцией В178	от 9,83 до 14,83
<p>Уровень мощности, дБ (1 мВт):</p> <p>ВЕКТОР 50 - 75 ГГц, ВЕКТОР 50 - 75 ГГц с опцией А75, ВЕКТОР 50 - 75 ГГц с опцией В78</p> <p>ВЕКТОР 75 - 110 ГГц, ВЕКТОР 75 - 110 ГГц с опцией А110, ВЕКТОР 78 - 118 ГГц, ВЕКТОР 78 - 118 ГГц с опцией А118, ВЕКТОР 110 - 170 ГГц, ВЕКТОР 110 - 170 ГГц с опцией А170, ВЕКТОР 110 - 170 ГГц с опцией В178</p>	<p>от минус 7 до минус 2</p> <p>от минус 10 до 0</p>
<p>Допустимый уровень мощности, дБ (1 мВт):</p> <p>ВЕКТОР 50 - 75 ГГц, ВЕКТОР 50 - 75 ГГц с опцией А75, ВЕКТОР 50 - 75 ГГц с опцией В78,</p> <p>ВЕКТОР 75 - 110 ГГц, ВЕКТОР 75 - 110 ГГц с опцией А110, ВЕКТОР 78 - 118 ГГц, ВЕКТОР 78 - 118 ГГц с опцией А118, ВЕКТОР 110 - 170 ГГц, ВЕКТОР 110 - 170 ГГц с опцией А170, ВЕКТОР 110 - 170 ГГц с опцией В178</p>	<p>15</p> <p>10</p>

Наименование характеристики	Значение характеристики
<p>Множитель:</p> <p>ВЕКТОР 50 - 75 ГГц, ВЕКТОР 50 - 75 ГГц с опцией А75, ВЕКТОР 50 - 75 ГГц с опцией В78</p> <p>ВЕКТОР 75 - 110 ГГц, ВЕКТОР 75 - 110 ГГц с опцией А110, ВЕКТОР 78 - 118 ГГц, ВЕКТОР 78 - 118 ГГц с опцией А118</p> <p>ВЕКТОР 110 - 170 ГГц, ВЕКТОР 110 - 170 ГГц с опцией А170, ВЕКТОР 110 - 170 ГГц с опцией В178</p>	<p>4</p> <p>8</p> <p>12</p>
Максимальный допустимый уровень мощности, дБ (1 мВт):	15
Максимальный уровень напряжения постоянного тока, В	10
Тип соединителя	3,5 мм, розетка
Выходы «IF REF» и «IF TEST»	
Выходная частота, МГц	15,45
Номинальная диапазон частот, МГц	от 10 до 2000
Допустимый уровень мощности, дБ (1 мВт):	10
Максимальный уровень напряжения постоянного тока, В	10
Тип соединителя	SMA, розетка
Измерительный порт	
Максимальный допустимый уровень мощности на входе измерительного порта, дБ (1 мВт):	23
<p>Тракт:</p> <p>ВЕКТОР 50 - 75 ГГц, ВЕКТОР 50 - 75 ГГц с опцией А75</p>	WR-15

Наименование характеристики	Значение характеристики
ВЕКТОР 50 - 75 ГГц с опцией В78	волновод прямоугольный 3,6 x 1,8 мм
ВЕКТОР 75 - 110 ГГц, ВЕКТОР 75 - 110 ГГц с опцией А110	WR-10
ВЕКТОР 78 - 118 ГГц, ВЕКТОР 78 - 118 ГГц с опцией А118	волновод прямоугольный 2,4 x 1,2 мм
ВЕКТОР 110 - 170 ГГц, ВЕКТОР 110 - 170 ГГц с опцией А110	WR-6
ВЕКТОР 110 - 170 ГГц с опцией В178	волновод прямоугольный 1,6 x 0,8 мм
Тип фланца:	
ВЕКТОР 50 - 75 ГГц, ВЕКТОР 50 - 75 ГГц с опцией А75	совместим с UG-385/U по ГОСТ РВ 51914-2002 и MIL-DTL-3922/67E
ВЕКТОР 50 - 75 ГГц с опцией В78	фланец для волновода сечением 3,6x1,8 мм по ГОСТ РВ 51914-2002
ВЕКТОР 75 - 110 ГГц, ВЕКТОР 75 - 110 ГГц с опцией А110	совместим с UG- 387/UM по ГОСТ РВ 51914-2002 и IEEE 1785-2a
ВЕКТОР 78 - 118 ГГц, ВЕКТОР 78 - 118 ГГц с опцией А118	фланец для волновода сечением 2,4x1,2 мм по ГОСТ РВ 51914-2002
ВЕКТОР 110 - 170 ГГц, ВЕКТОР 110 - 170 ГГц с опцией А110	совместим с UG- 387/UM по ГОСТ РВ 51914-2002 и IEEE 1785-2a

Наименование характеристики	Значение характеристики
ВЕКТОР 110 - 170 ГГц с опцией В178	фланец для волновода сечением 1,6x0,8 мм по ГОСТ РВ 51914-2002
Подключение к ВАЦ	
Подключение к ВАЦ для питания и управления:	
тип соединителя	LEMO B-series (Lemo 2B FGG.310)
интерфейс	SPI

3.3.3 Функциональные возможности

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

Функциональные возможности модуля разделены на следующие группы:

Общие сведения
Управление источником сигнала
Возможности индикации
Калибровка
Анализ данных
Измерение устройств с переносом частоты
Другие возможности
Удаленное управление

Общие сведения	
Измеряемые параметры	<ul style="list-style-type: none">• S11 при использовании одного модуля;• S11, S21, S12, S22 при использовании двух модулей;• S11, S12, S13 S21, S22, S23 S31, S32, S33 при использовании трех модулей;• S11, S12, S13, S14 S21, S22, S23, S24

	<p>S31, S32, S33, S34</p> <p>S41, S42, S43, S44</p> <p>при использовании четырех модулей</p>
Число каналов	От 1 до 16 каналов. Каждый канал представлен на экране в виде отдельного окна канала. Каждый канал имеет индивидуальные настройки стимулирующего сигнала: частотный диапазон, количество точек измерения, мощность сигнала и другие.
Число графиков	От 1 до 16 графиков данных в каждом окне канала. Графики представляют различные характеристики исследуемого устройства, включая S-параметры, абсолютную мощность падающих, отраженных или переданных через исследуемое устройство сигналов, графики отклика во временной области, графики зависимости от входной мощности и другие.
Память графиков	Для каждого из 16 графиков данных может быть создано до 10 связанных графиков памяти 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	
Сканирование по частоте	Линейное, логарифмическое, сегментное сканирование в частотном диапазоне с фиксированной мощностью.
Сегментное сканирование	Сканирование по частоте с возможностью задания нескольких сегментов. В каждом сегменте задаются граничные частоты, число точек, мощность источника, полоса ПЧ.

Сканирование по мощности	Линейное сканирование по диапазону мощности при фиксированной частоте стимулирующего сигнала.
Триггер	Запуск цикла сканирования синхронно с заданными событиями. Источник триггера: внутренний, ручной, внешний, программный. Запуск развертки в каждом канале: повторно, однократно, стоп.
Возможности индикации	
Виды индицируемых графиков	Измеряемые данные, память данных, либо одновременная индикация данных и памяти.
Математика	Модификация графика данных посредством математической операции между комплексными данными измерений и памяти. Доступные математические операции: сложение, вычитание, умножение, деление.
Слежение за опорным уровнем	Автоматический выбор опорного уровня в прямоугольных координатах после каждого сканирования. Вертикальное положение графика при каждом сканировании выбирается так, чтобы опорный уровень проходил по установленному значению: максимальному, минимальному, среднему, либо по значению активного маркера.
Электрическая задержка	Линейная коррекция фазы в соответствии с заданной электрической задержкой. Задается независимо для каждого графика. Применяется, например, для компенсации электрической задержки в самом исследуемом устройстве при измерении отклонения фазы от линейного закона.
Смещение фазы	Смещение графика фазы на указанное значение в градусах.

Повышение точности измерений	
Калибровка	Калибровка для анализаторов подобна процедуре установки нуля для некоторых типов измерительных приборов. Калибровка измерительной установки, включающей анализатор, кабели и адаптеры, значительно увеличивает точность измерений. Калибровка позволяет вычислить и скорректировать систематические ошибки измерения, вызванные несовершенством измерительной установки: амплитудная и фазовая неравномерность, конечная направленность, несогласованность порта источника и приемника, конечная развязка портов.
Виды калибровок	<p>Доступны следующие виды калибровок, отличающиеся по сложности выполнения и по погрешности измерений:</p> <ul style="list-style-type: none"> • нормализация отражения и передачи; • полная однопортовая калибровка (SSS или SOL); • однонаправленная двухпортовая калибровка; • полная 2/3/4-портовая калибровка (TRL, SSST или SOLT);
Комплекты механических калибровочных мер	В программном обеспечении анализатора можно выбрать один из заранее predetermined комплектов калибровочных мер различных производителей. Возможно также создать определения собственных калибровочных мер и составить из мер пользовательские комплекты.
Интерполяция при коррекции ошибок	При изменении граничных частот стимулирующего сигнала или количества точек измерения, по сравнению с настройками калибровки, применяется пересчет калибровочных коэффициентов с использованием интерполяции или

	экстраполяции (экстраполяция не рекомендуется).
Анализ данных	
Преобразование импеданса порта	Функция преобразует значения S-параметров, измеренных при номинальном импедансе порта анализатора, в значения, которые были бы получены при произвольном значении импеданса порта.
Исключение цепи	Функция, математически исключаящая влияние цепи, включенной между плоскостью калибровки портов и исследуемым устройством. Цепь определяется матрицей S-параметров, описанной в файле формата Touchstone.
Встраивание цепи	Функция математически моделирует S-параметры нового устройства, полученного виртуальным встраиванием цепи между плоскостью калибровки портов и исследуемым устройством. Цепь определяется матрицей S-параметров, описанной в файле формата Touchstone.
Преобразование S-параметров устройства	Функция математически преобразует измеряемые S-параметры в следующие характеристики исследуемого устройства: входное сопротивление и проводимость, проходное сопротивление и проводимость, инверсия S-параметров.
Временная область (опция TD-20)	Функция математически имитирует традиционную рефлектометрию во временной области. Для этого на основе измеренных в частотной области данных с помощью Chirp-Z преобразования моделируется отклик исследуемого устройства на различные виды сигналов во временной области. Вид моделируемых стимулирующих сигналов: радиоимпульс, видеоимпульс, видеоперепад. Диапазон временной области задается

	<p>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. Доступность этой функции зависит от модели анализатора.</p>
<p>Временная селекция (опция TD-20)</p>	<p>Функция математически удаляет нежелательные отклики во временной области, что позволяет получить частотную характеристику устройства без влияния устройств подключения. Функция использует преобразование во временную область, вырезает фильтром заданную часть временной области, и используя обратное преобразование возвращает результат селекции в частотную область. Применяются полосовой или режекторный фильтры временной селекции. Выбор формы фильтра (широкая, норма, минимум) позволяет найти компромисс между разрешающей способностью и уровнем паразитных боковых лепестков.</p>
<p>Измерения балансных цепей</p>	<p>Небалансно-балансные преобразования математически моделируют измерение S-параметров балансных цепей на основе результатов небалансных измерений, выполняемых путём объединения пары портов в логический балансный порт.</p> <p>Дифференциальное согласование математически моделирует изменение S-параметров при виртуальном добавлении согласующей цепи к баланскому порту, созданному небалансно-балансным преобразованием.</p> <p>Преобразование опорного импеданса балансного порта математически изменяет S-параметры, измеренные при опорном импедансе Z_0, в S-параметры соответствующие заданному произвольному импедансу Z_n.</p>

Измерение устройств с переносом частоты (MXR-20)	
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. Метод требует применения внешнего смесителя, и единого гетеродина для внешнего и исследуемого смесителей.
Другие возможности	
Удобный графический интерфейс	Привычный интерфейс, основанный на операционной системе Windows, позволяет ускорить освоение измерителя пользователем.
Печать 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. Это позволяет 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

	<p>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.</p>
--	--

3.4 Устройство и принцип работы

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

Модули являются сверхкомпактными устройствами. Они состоят из следующих основных элементов: умножителей частот измерительного сигнала, аттенюатора регулировки мощности (только модели ВЕКТОР 50 - 75 ГГц с опцией А75, ВЕКТОР 75 - 110 ГГц с опцией А110, ВЕКТОР 78-118 ГГц с опцией А118, ВЕКТОР 110 - 170 ГГц с опцией А170), направленных ответвителей, смесителей частоты и изоляторов, усилителей. Также в состав входят платы питания и управления. Упрощенная структурная схема модуля представлена на рисунке 2.

Измерительная система комплексных коэффициентов передачи и отражения (векторный анализатор цепей и модуль) включает:

- анализатор цепей векторный (см. п. [Назначение и область применения](#));
- модуль (модули) расширения частотного диапазона (количество одновременно работающих модулей в системе зависит от используемой модели анализатора);
- кабели для подключения модуля к анализатору;
- волноводы и адаптеры для подключения исследуемых устройств;
- средства калибровки.

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

Измерительный блок анализатора цепей обеспечивает формирование испытательного и гетеродинного сигналов в определенном диапазоне частот и мощностей. Сигналы поступают в модуль расширения частотного диапазона по соединительным кабелям RF и LO из состава модуля. Схемы подключения приведена на рисунке 2 .

Измерительный (испытательный) сигнал, поступающий с анализатора, умножается в модуле по частоте (коэффициент умножения составляет $\times 4$ для модуля «ВЕКТОР 50 - 75 ГГц», $\times 6$ для модуля «ВЕКТОР 75 - 110 ГГц», $\times 8$ для модуля «ВЕКТОР 78 - 118 ГГц», $\times 12$ для модуля «ВЕКТОР 110 - 170 ГГц»). Далее высокочастотный сигнал проходит через аттенюатор и изолятор, после чего поступает на вход двунаправленного ответвителя и далее на измерительный волноводный порт. С помощью направленных ответвителей осуществляется

выделение падающего, прошедшего через исследуемое устройство и отражённого от его входов сигналов. При прямом прохождении высокочастотного сигнала минус 23 дБ мощности ответвляется в опорный канал R (reference). Электромагнитная волна, отраженная от выходного порта ответвителя, ответвляется с тем же коэффициентом минус 23 дБ в измерительный канал M (measure). Сигналы R и M через изоляторы, попадают на смесители измерительного (M) и опорного (R) каналов. Для преобразования используется гармоника сигнала гетеродина с анализатора цепей. Выходной сигнал промежуточной частоты (ПЧ) с каждого из балансных смесителей усиливается мал шумящим усилителем (коэффициент шума 0,9 дБ) и поступает на входы векторного анализатора цепей.

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

Электропитание и управление модулей осуществляется непосредственно с анализатора цепей по кабелю управления (опционально могут быть заказаны независимые блоки питания).

Средства калибровки предназначены для выполнения штатной процедуры исключения систематической погрешности, позволяющей устранить неидеальность измерительного тракта при определении комплексных коэффициентов передачи и отражения и существенно снизить погрешность их измерений.

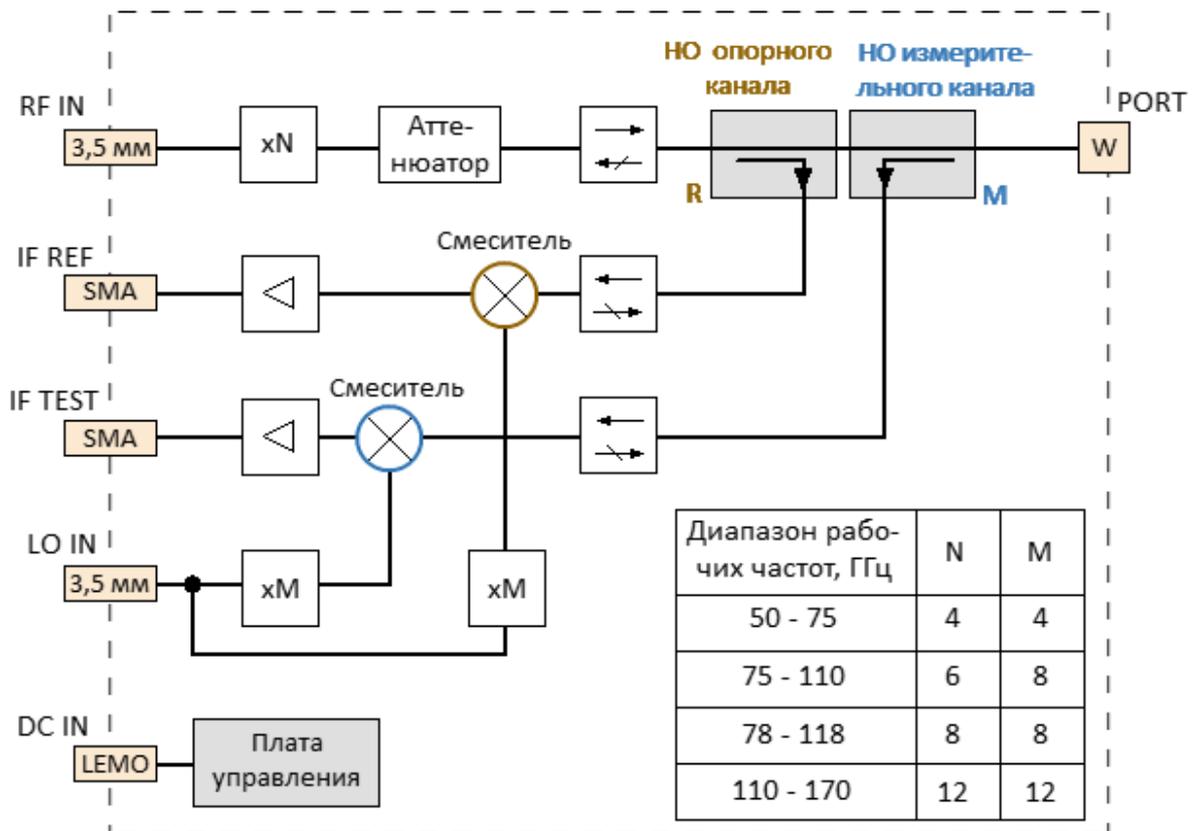


Рисунок 2 – Структурная схема модуля

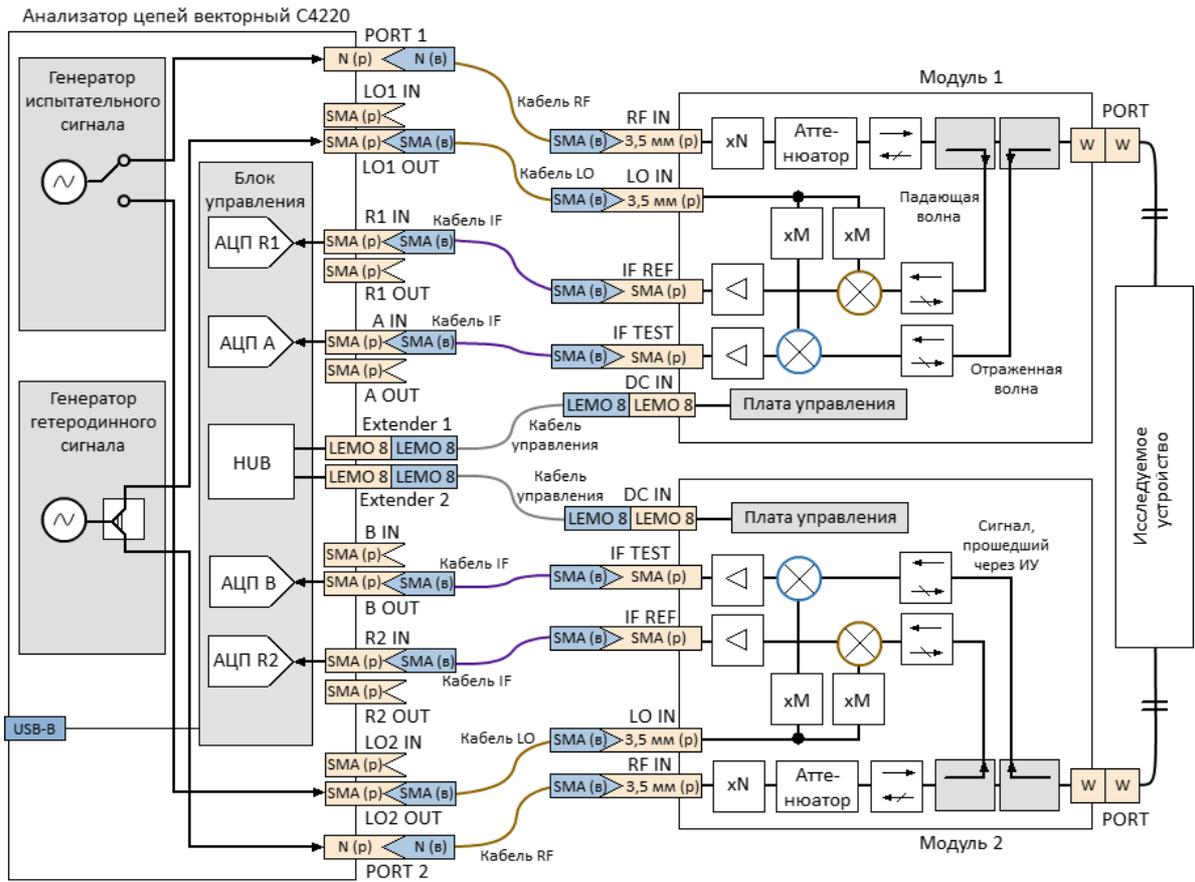


Рисунок 3 – Схема подключения модулей к анализатору для измерения двухпортового ИУ

4 Подготовка к работе

4.1 Общие положения

Если модуль и комплект аксессуаров находились в условиях, отличных от условий эксплуатации, выдержите их в условиях эксплуатации не менее двух часов.

Распакуйте модуль, если он находится в упаковке или транспортной таре.

Установите модуль на рабочем месте. Площадь поверхности рабочего стола должна быть достаточной для размещения на ней модуля, анализатора, требуемого комплекта аксессуаров и исследуемых устройств.

Установите анализатор совместно с модулем на ровную поверхность рабочего стола так, чтобы обеспечивался свободный доступ к соединителям и выключателю питания. Устройства, подключаемые к модулю, должны располагаться на рабочей поверхности стола.

Максимальное удаление модуля от анализатора цепей не должно превышать длины используемых кабелей RF, LO, IF.

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

Проведите внешний осмотр модуля совместно с используемым комплектом аксессуаров (см. п. [Внешний осмотр](#)).

Пункты раздела [распаковывание и повторное упаковывание](#) относятся непосредственно к модулю расширения частотного диапазона. Аналогичная информация об анализаторе представлена в его руководстве по эксплуатации.

4.2 Распаковывание и повторное упаковывание

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

Для упаковывания модуля используется индивидуальная потребительская тара.

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

4.2.1 Распаковывание

Распаковывание модуля проводить в указанной последовательности:

- расположите коробку в соответствии с манипуляционными знаками;
- откройте коробку, ознакомьтесь с сопроводительной документацией, аккуратно извлеките полиэтиленовые пакеты с модулем, кабелями и эксплуатационной документацией;
- снимите пакеты и проведите внешний осмотр:
 - 1 проверьте отсутствие глубоких царапин и вмятин на корпусе модуля, следов коррозии металлических деталей и следов воздействия жидкостей или агрессивных паров, целостность лакокрасочных покрытий, сохранность маркировки;
 - 2 проверить наличие и целостность пломб предприятия-изготовителя;
 - 3 проведите визуальный контроль целостности соединителей, расположенных на задней панели;
 - 4 провести визуальный контроль целостности волновода, проверить отсутствие сколов, вмятин или забоин на фланце перехода, препятствующих его присоединению;
 - 5 убедиться в отсутствии посторонних предметов внутри волновода;
 - 6 проверьте целостность кабелей управления, RF, LO, IF.

ПРИМЕЧАНИЕ

После распаковывания рекомендуется картонную коробку совместно с амортизационным материалом и транспортной тарой сохранить для возможного дальнейшего использования (постановке на хранение, или отправке на ремонт).

4.2.2 Упаковывание

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

Если к модулю были присоединены кабели и волноводы – отсоедините их (см. пп. [Схемы подключения](#) и [Подключение и отключение устройств](#)).

Перед упаковыванием необходимо провести внешний осмотр:

- проверить наличие и целостность пломб предприятия-изготовителя;
- если упаковывание проводится перед хранением, проверьте отсутствие глубоких царапин и вмятин на корпусе модуля, следов коррозии металлических деталей и следов воздействия жидкостей или агрессивных паров, целостность лакокрасочных покрытий, сохранность маркировки;
- проведите визуальный контроль целостности соединителей, расположенных на задней панели;;
- проверьте отсутствие механических повреждений (вмятин, забоин т. д.) волноводного фланца;
- проверьте целостность кабелей управления, RF, LO, IF.

Упаковывание модуля проводить в следующей последовательности:

- поместите модуль, кабели управления, RF, LO, IF и эксплуатационную документацию в полиэтиленовые пакеты соответствующего размера;
- добавьте в пакет с модулем пакетики с мелкопористым силикагелем массой приблизительно 10 г;
- вложите кабели управления, RF, LO, IF и эксплуатационную документацию в коробку;
- вставьте пакет с модулем в коробку со специальным вкладышем из пенополиэтилена, выполняющим амортизационную функцию;
- закройте модуль вторым вкладышем из пенополиэтилена;

ПРИМЕЧАНИЕ

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

- для заполнения пустоты в верхней части коробки, при необходимости, положите мягкий вкладыш;
- заполните необходимую сопроводительную документацию и поместите ее в полиэтиленовый пакет (прозрачный файл или мультифору);
- вложите сопроводительную документацию в коробку;
- закройте коробку крышкой и зафиксируйте крышку скотчем (клеякой лентой) с четырех сторон;

- нанесите на коробку маркировку:

1 наименование предприятия-изготовителя;

2 наименование и серийный номер модуля;

3 манипуляционные знаки «Хрупкое. Осторожно!», «Беречь от влаги» и «Верх», если используется не оригинальная индивидуальная потребительская тара.

5 Порядок работы

5.1 Расположение органов управления

ВЕКТОР 55-75 ГГц, ВЕКТОР 75-110 ГГц,
ВЕКТОР 118-178 ГГц, ВЕКТОР 110-170 ГГц

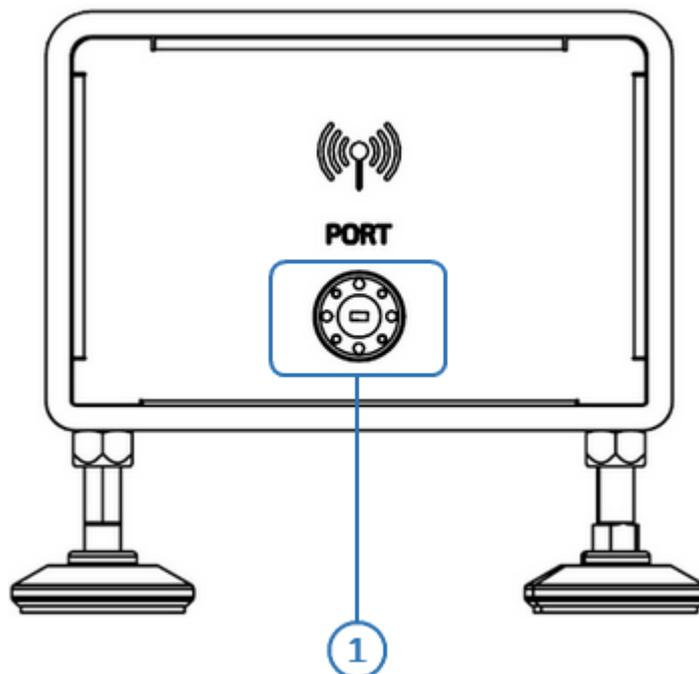


Рисунок 4 – Передняя панель

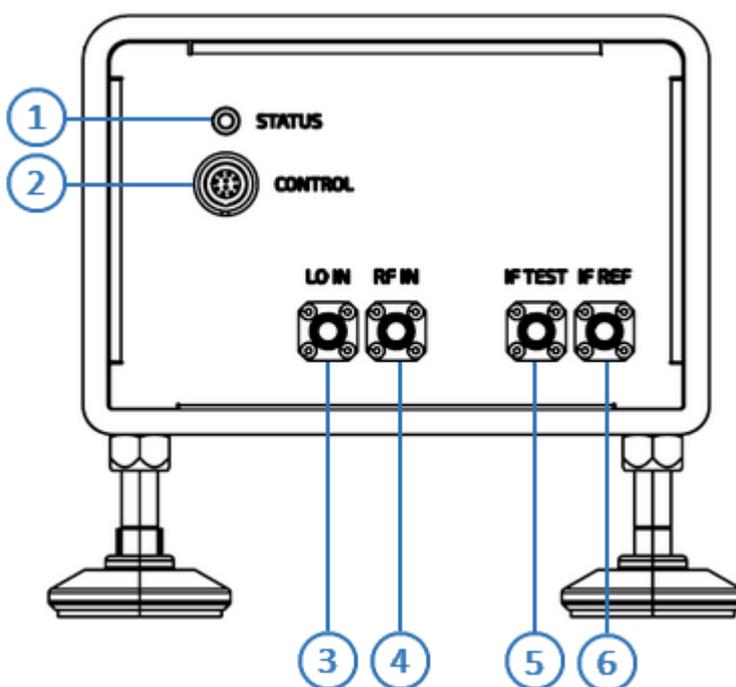


Рисунок 5 – Задняя панель

5.1.1 Передняя панель

1 Измерительный порт



Порт может выступать как в качестве источника испытательного радиочастотного сигнала, так и в качестве приёмника сигнала от исследуемого устройства.

PORT

При использовании одного модуля возможно измерение характеристик отражения исследуемого устройства.



При использовании 2/3/4 модулей возможно измерение всех элементов матрицы S-параметров.

Тип соединителя – прямоугольный волновод.

ВНИМАНИЕ!

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

5.1.2 Задняя панель

1 Светодиодный индикатор



STATUS

Индикатор подачи питания.

2 Соединитель для подключения кабеля управления



CONTROL

Соединитель для подключения кабеля питания и управления (управление возможно только при наличии аппаратная опция встроенного электронного аттенюатора). Тип соединителя Lemo 2B FGG.310.

3 Соединитель для подачи сигнала источника гетеродинного сигнала

LO IN



Соединитель LO для подачи сигнала с выхода "LO out" векторного анализатора цепей. Тип соединителя 3,5 мм, розетка.

4 Соединитель для подачи сигнала источника испытательного сигнала

RF IN



Соединитель RF для подачи сигнала с выхода измерительного порта векторного анализатора цепей. Тип соединителя 3,5 мм, розетка.

5 Соединитель для подачи сигнала промежуточной частоты измерительного канала

IF TEST



Соединитель IF TEST для подачи сигнала промежуточной частоты на вход "A/B In" векторного анализатора цепей. Тип соединителя SMA, розетка

6 Соединитель для подачи сигнала промежуточной частоты опорного канала

IF REF



Соединитель IF REF для подачи сигнала промежуточной частоты на вход "R In" ("T In") векторного анализатора цепей. Тип соединителя SMA, розетка.

ПРИМЕЧАНИЕ

Схемы подключения модуля к анализатору с описанием всех используемых сигналов приведены в п. [Схемы подключения](#).

ВНИМАНИЕ!

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

5.2 Схемы подключения

ВНИМАНИЕ!

Перед подключением модуля к анализатору следует визуально проверить исправность кабелей управления, RF, LO, IF.

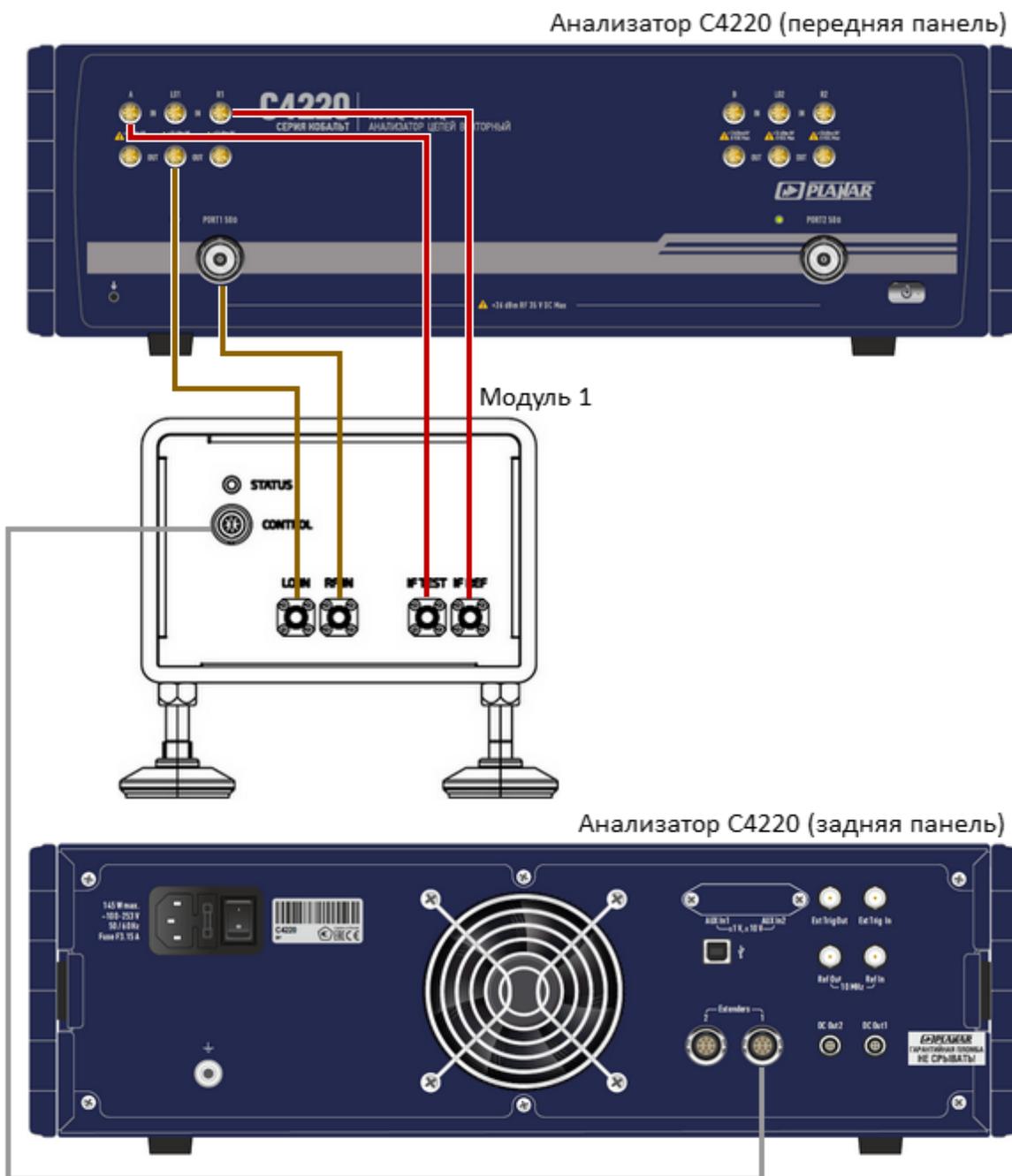


Рисунок 6 – Подключение модуля к анализатору цепей векторному C4220

Состав измерительной системы	Соединение	
	Модуль	Анализатор
<p>Анализатор С4220.</p> <p>ПК с установленным ПО S2VNA.</p> <p>1 или 2 модуля.</p> <p>1 или 2 кабеля RF (SMA, вилка – SMA, вилка).</p> <p>1 или 2 адаптера ADP1A-35F-35F.</p> <p>1 или 2 кабеля LO (SMA, вилка – SMA, вилка).</p> <p>2 или 4 кабеля IF (SMA, вилка – SMA, вилка).</p> <p>1 или 2 кабеля управления.</p> <p>Кабели питания и USB для анализатора.</p> <p>Средства калибровки.</p>	RF IN	Порт 1
		Порт 2
	LO IN	LO 1 OUT
		LO 2 OUT
	IF REF	R1 IN
		R2 IN
IF TEST	A IN	
	B IN	

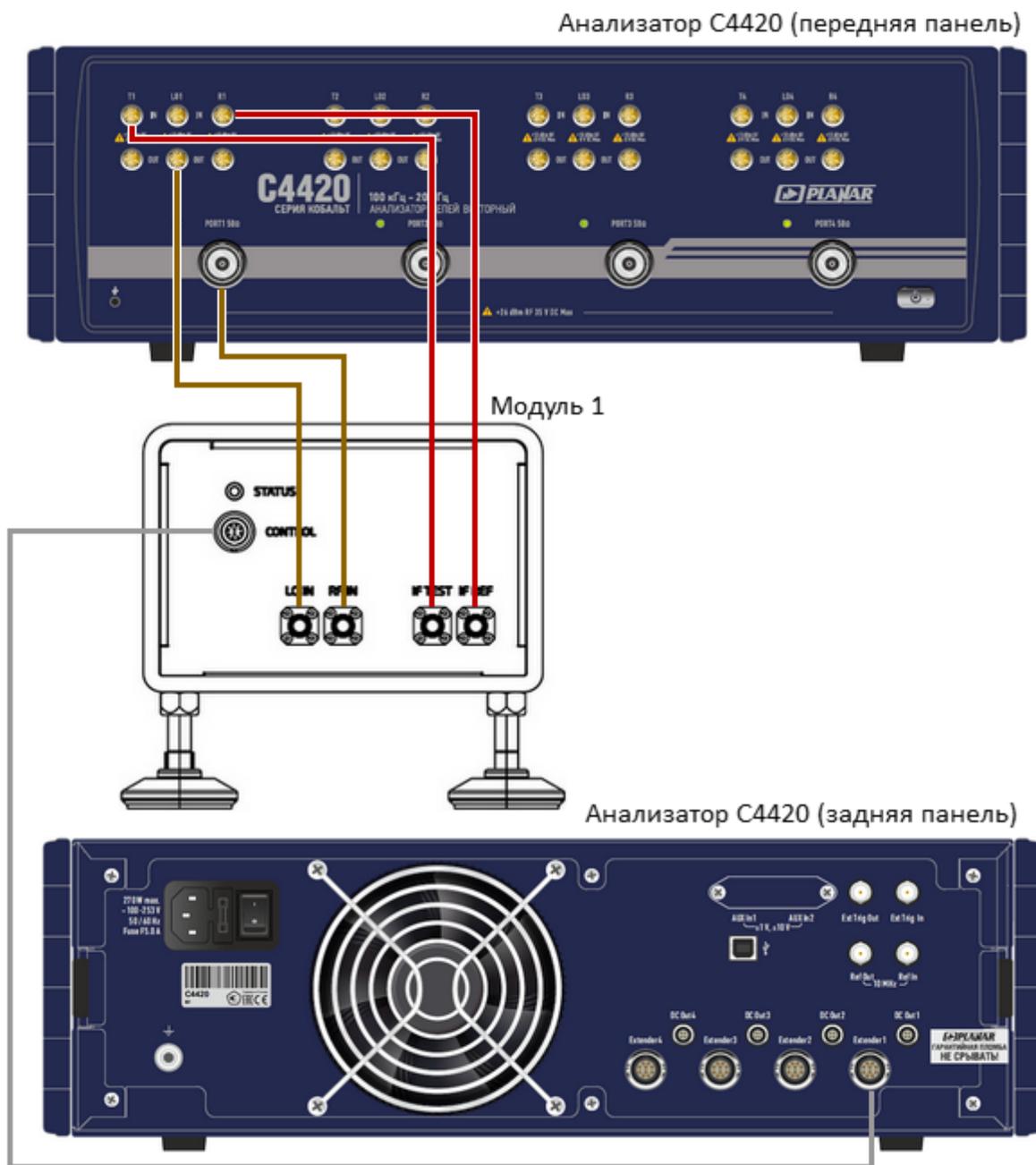


Рисунок 7 – Подключение к анализатору цепей векторному С4420

Состав измерительной системы	Соединение	
	Модуль	Анализатор
Анализатор С4420.	RF IN	Порт 1
ПК с установленным ПО S4VNA.		Порт 2
От 1 до 4 модуля.		Порт 3

Состав измерительной системы	Соединение	
	Модуль	Анализатор
<p>От 1 до 4 кабеля RF (SMA, вилка – SMA, вилка).</p> <p>От 1 до 4 адаптеров ADP1A-35F-35F.</p> <p>От 1 до 4 кабеля LO (SMA, вилка – SMA, вилка).</p> <p>От 2 до 8 кабеля IF (SMA, вилка – SMA, вилка).</p> <p>От 1 до 4 кабеля управления.</p> <p>Кабели питания и USB для анализатора.</p> <p>Средства калибровки.</p>		Порт 4
	LO IN	LO 1 OUT LO 2 OUT LO 3 OUT LO 4 OUT
	IF REF	R1 IN R2 IN R3 IN R4 IN
	IF TEST	T1 IN T2 IN T3 IN T4 IN

Подключение и отключение кабелей с коаксиальными соединителями

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

- аккуратно совместите соединители подключаемых устройств;
- удерживая подключаемое устройство, руками накрутите гайку соединителя «вилка». При этом рабочие поверхности центральных проводников и опорные плоскости внешних проводников должны соприкоснуться, как показано на рисунке 8;

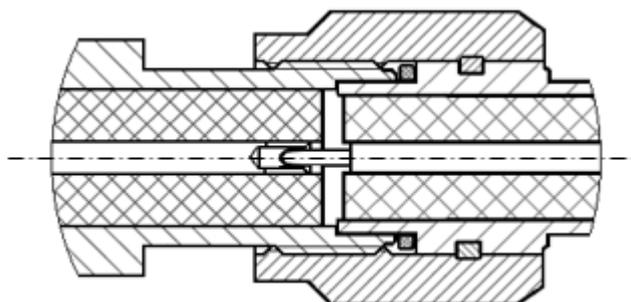


Рисунок 8 – Соединители тип SMA (розетка слева, вилка справа)

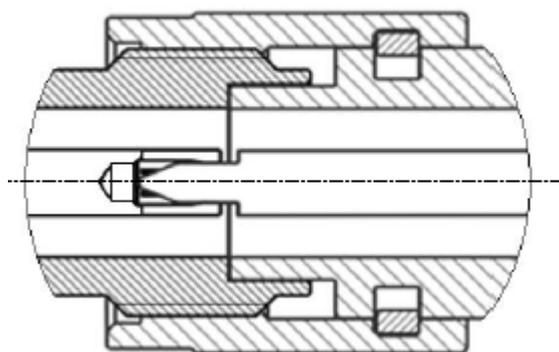


Рисунок 9 – Соединители тип 3,5 мм (розетка слева, вилка справа)

- закрутите гайку (без окончательного затягивания) с помощью ключа на 8, при этом следует удерживать подключаемое устройство с помощью поддерживающего ключа, предохраняя его от проворачивания;

ВНИМАНИЕ! ЗАПРЕЩАЕТСЯ проводить окончательное затягивание с помощью ключа 8 мм. Для окончательного затягивания используйте тарированный ключ.

- окончательно затяните гайку с помощью тарированного ключа (усилие затягивания зависит от типа соединителя) гайку соединителя «вилка», при этом следует удерживать подключаемое устройство с помощью поддерживающего ключа, 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».

ВНИМАНИЕ! Затягивание гайки соединителя «вилка» выполняйте с помощью тарированного ключа с нормированным значением крутящего момента.

- от 0,56 Н·м – для соединителей тип SMA;
- от 0,8 до 1,0 Н·м – для соединитель типа 2,92 мм.

Отключение коаксиальными соединителей должно выполняться в последовательности:

- с помощью ключа на 8 ослабьте крепление гайки соединителя «вилка», при этом удерживайте отключаемое устройство с помощью поддерживающего ключа, 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, раскрутите гайку соединителя «вилка».

5.3 Подключение и отключение устройств

В разделе приведена последовательность подключения устройств, имеющих фланцы прямоугольного волновода.

ВНИМАНИЕ! ЗАПРЕЩАЕТСЯ смотреть в открытый волновод, если он подключен к источнику электромагнитного излучения, а источник работает в режиме излучения.

Подключение прямоугольных волноводов рекомендуется выполнять в следующей последовательности:

- аккуратно совместить фланцы подключаемых устройств так, чтобы совпала ориентация стенок их волноводов (см. рисунок 10);
- соединить и зафиксировать фланцы с помощью болтов или специальных зажимных приспособлений; при затягивании следует внимательно следить за тем, чтобы не было зазоров между фланцами или смещения фланцев друг относительно друга.

Отключение должно выполняться в обратной последовательности.

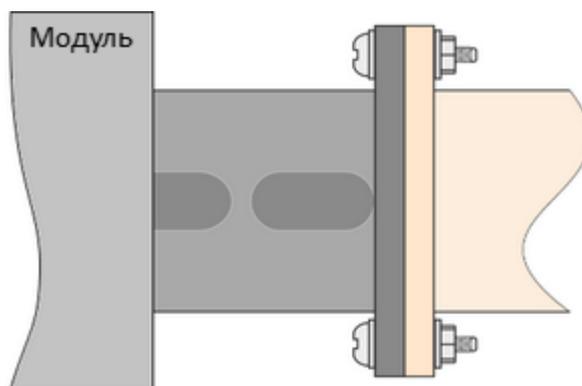


Рисунок 10 – Подключение волноводов

5.4 Порядок включения и выключения

ВНИМАНИЕ!

Электропитание анализатора должно осуществляться от сети переменного тока частотой 50 Гц напряжением от 100 до 253 В.

Проведите визуальный осмотр чистоты и состояния соединителей анализатора, модуля, соединителей кабелей и волноводов. При необходимости выполните чистку соединителей и волновода (см. п. [Чистка соединителей](#)).

ПРИМЕЧАНИЕ

Следите за чистотой и состоянием соединителей. Поврежденные и загрязненные соединители могут значительно ухудшить результаты измерений.

Включение модуля и анализатора проводить в следующей последовательности:

- включите компьютер;
 - соедините клемму «» на задней панели анализатора с шиной защитного заземления;
 - подключите модуль (модули) к анализатору в соответствии с п. [Схемы подключения](#);
-

ВНИМАНИЕ!

Следует избегать чрезмерного изгиба и скручивания кабелей при подключении. Минимальный радиус изгиба составляет порядка 45 мм. Скручивание кабелей в момент

подключения может повредить их соединители и/или отразиться на стабильности результата измерений.

- соедините анализатор с компьютером кабелем USB;
- подключите анализатор к сети ~ 220 В 50 Гц с помощью кабеля питания;
- включите анализатор;
- установите программное обеспечение анализатора, если оно не было ранее установлено;
- запустите программное обеспечение;
- выберите модуль в программном обеспечении (см. п. [Выбор модулей в программном обеспечении](#));
- задайте вносимые потери кабелей RF и LO (см. п. [Установка параметров модуля](#));
- установите на анализаторе уровень выходной мощности испытательного и гетеродинного сигналов таким, чтобы сигналы на входе RF и LO модуля соответствовали данным, приведенным в п. [Справочные технические характеристики](#), с учетом вносимых потерь кабелей RF и LO (см. п. [Установка параметров модуля](#));
- выдержите модуль (модули) и используемый анализатор в течение времени установления рабочего режима (см. п. [Основные технические характеристики](#)).

Выключение модуля и анализатора проводить в следующей последовательности:

- закройте программное обеспечение;
- выключите анализатор, нажав кнопку выключателя питания;
- при необходимости, отсоедините модуль (модули) от анализатора (см. п. [Схемы подключения](#));
- при необходимости, разберите схему измерений (см. п. [Подключение и отключение устройств](#));
- при необходимости, отсоедините анализатор сначала от сети ~ 220 В 50 Гц, затем от компьютера от шины защитного заземления.

5.5 Выбор модулей в программном обеспечении

По умолчанию измерения с использованием модулей отключены в программном обеспечении анализатора. Для начала совместной работы анализатора с подключенными модулями укажите их модель в программном обеспечении. После чего программное обеспечение автоматически перезагрузится и анализатор будет готов к совместной работе с модулями.



Для выбора модуля расширения частотного диапазона нажмите кнопки:

Система > Настройки > Расширитель частоты > MWave

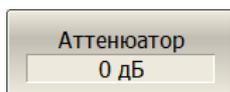
Затем выберите нужную модель модуля:

- **ВЕКТОР 50-75** — модуль с диапазоном частот от 50 до 75 ГГц, тестовый порт – волновод WR-15
- **ВЕКТОР 50-75 А** — модуль с диапазоном частот от 50 до 75 ГГц с опцией А75, тестовый порт – волновод WR-15
- **ВЕКТОР 75-110** — модуль с диапазоном частот от 75 до 110 ГГц, тестовый порт – волновод WR-12
- **ВЕКТОР 75-110 А**— модуль с диапазоном частот от 75 до 110 ГГц с опцией А110, тестовый порт – волновод WR-12

5.6 Установка мощности аттенюатора

ПРИМЕЧАНИЕ Раздел доступен для модификаций модулей с опциями встроенного электронного аттенюатора A75, A110, A118, A170.

Модификации модулей с опциями A75, A110, A118, A170 включают аттенюатора регулировки мощности. Диапазон перестройки встроенного аттенюатора от 0 до 35 дБ.



Для установки уровня ослабления встроенного аттенюатора нажмите кнопки:

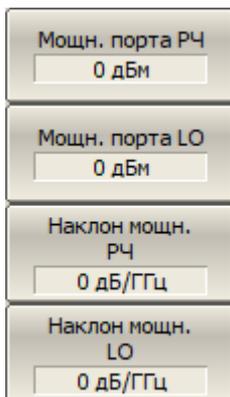
Система > Настройки > Расширитель частоты > MWave > Аттенюатор

ВНИМАНИЕ! Если аттенюатор не откалиброван предприятием-изготовителем, поле **Аттенюатор** доступно для установки ослабления. В этом случае поведение аттенюатора не нормируется.

Если аттенюатор откалиброван, поле не доступно для установки. В этом случае управление аттенюатором осуществляется в меню **Стимул > Мощность**, в то же время позволяя пользователю выполнять развёртку по мощности.

5.7 Установка параметров модуля

После выбора модуля появляется возможность установить связанные с ним параметры в программном обеспечении анализатора. Установите уровни выходной мощности стимулирующего сигнала и сигнала гетеродина, а также потери, вносимые используемыми кабелями.



В меню расширителя частоты выберите нужный модуль (например, «ВЕКТОР 50 - 75»):

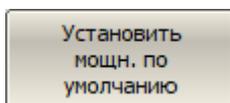
Система > Настройки > Расширитель частоты > ВЕКТОР 50 - 75

После чего будут доступны следующие настройки:

- **Мощн. порта РЧ** — уровень выходной мощности стимулирующего сигнала;
- **Мощн. порта LO** — уровень выходной мощности сигнала гетеродина;
- **Наклон мощн. РЧ** — вносимые потери кабеля RF;
- **Наклон мощн. LO** — вносимые потери кабеля LO.

ПРИМЕЧАНИЕ

Если для подключения модуля используются отличные от указанных в составе кабеля RF и LO, то следует проверить, чтобы уровни мощности испытательного и гетеродинного сигналов на входе модуля соответствовали приведенным в п. [Основные технические характеристики](#). Дополнительная информация приведена в [приложении Б](#).



Для установки параметров мощности по умолчанию нажмите кнопки:

Система > Настройки > Расширитель частоты > Установить мощн. по умолчанию

5.8 Порядок проведения измерений

К проведению измерений приступайте после установки параметров рабочего режима.

1. В программном обеспечении анализатора установите параметры: диапазон частот, количество точек по частоте, полосу пропускания фильтра промежуточной частоты в зависимости от требуемой динамики или скорости измерений и уровень выходной мощности. Рекомендуется использовать фильтр с полосой менее 300 Гц в задачах, где требуется высокий динамический диапазон измерений, и более 300 Гц в приложениях, где важна скорость.
2. Выберите измеряемые параметры и разместите их удобным образом на экране.
3. Выберите формат представления данных.
4. Проведите калибровку в зависимости от имеющихся средств калибровки или требуемой точности измерений (см. п. [Калибровка](#)).
5. После выполнения калибровки подключите исследуемое устройство и произведите отсчет измеренных данных, при необходимости, зафиксируйте результаты (см. п. Описание основных режимов измерений).

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

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

ПРИМЕЧАНИЕ Чтобы перевести анализатор в диапазон его рабочих частот, следует нажать программные кнопки:

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

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

5.9 Калибровка

Калибровка — это процесс, используемый для оценки систематически повторяющихся ошибок и их математического исключения из результатов измерений.

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

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

Процесс калибровки состоит из следующих стадий:

- **выбор комплекта калибровочных мер.** Комплект калибровочных мер выбирается в соответствии с типом разъемов измерительных портов, выбранным методом калибровки, частотным диапазоном комплекта мер;
- **выбор метода калибровки** производится исходя из выполняемых измерений, требований к их точности, допустимой трудоемкости калибровки и наличия наборов калибровочных мер. Метод калибровки определяет, какая часть ошибок (либо все ошибки) модели ошибок будет скомпенсирована ;
- **измерение калибровочных мер** в диапазоне частот, определенном измерительной задачей. Количество измерений мер зависит от выбранного метода калибровки;
- **вычисление калибровочных коэффициентов** (систематических ошибок) производится анализатором в процессе сравнения измеренных параметров калибровочных мер с их заранее известными параметрами;
- **сохранение таблицы калибровочных коэффициентов** в программном обеспечении для коррекции измерений.

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

Анализатор поддерживает следующие методы калибровки в волноводном тракте:

- калибровки нормализации отражения или нормализации передачи;

- полная однопортовая калибровка (SOL или SSS);
- однонаправленная двухпортовая калибровка;
- полная двухпортовая калибровка (TRL, SOLT или SSST);
- полная трехпортовая калибровка (только для C4420);
- полная четырехпортовая калибровка (только C4420);

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

Калибровка в волноводном тракте имеет следующие особенности:

- системное сопротивление анализатора Z_0 должно быть установлено равным 1Ω . В определении волноводного набора калибровочных мер значения волнового сопротивления смещения и импеданс нагрузки также должны быть равными 1Ω ;
- в волноводной калибровке SOL (SOLT) вместо пары мер XX и K3 используется пара смещенных мер K3, как правило $0 \cdot \lambda_0$ и $1/4 \cdot \lambda_0$; в калибровке SSS (SSST) вместо мер XX, K3 и Нагрузка используют три смещенных меры K3, как правило $0 \cdot \lambda_0$, $1/4 \cdot \lambda_0$ и $3/8 \cdot \lambda_0$ (где λ_0 – длина волны в волноводе на средней частоте). Вместо $3/8 \cdot \lambda_0$ может использоваться $1/8 \cdot \lambda_0$.

Подробное описание каждого метода калибровки приведено в руководстве по эксплуатации на анализатор.

6 Техническое обслуживание

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

6.1 Порядок проведения технического обслуживания

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

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

При непосредственном использовании модуля 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).

Контрольный осмотр (КО) включает:

- 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 (КО);
- очистка внешней поверхности модуля с помощью сухой или немного увлажнённой материи;
- чистка соединителей, расположенных на задней панели, и чистку волновода на передней панели по методике в п. [Чистка соединителей](#);

- проверку работоспособности модуля;
- проверку правильности ведения эксплуатационной документации.

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

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

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

- все операции ТО–1х;
- проверку работоспособности модуля;
- упаковку модуля;
- проверку состояния эксплуатационной документации.

Контроль и профилактика электрических контактов.

Проверка по этому пункту включает следующие операции:

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

По результатам выполнения перечисленных операций, заносятся сведения в формуляр.

В случае неудовлетворительных результатов проверок принять соответствующие меры по ремонту.

6.2 Внешний осмотр

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

Последовательность проведения внешнего осмотра:

- при первичном осмотре проверьте наличие и целостность кабелей управления, RF, LO, IF;

- проверьте отсутствие глубоких царапин и вмятин на корпусе модуля, следов коррозии металлических деталей и следов воздействия жидкостей или агрессивных паров, целостность лакокрасочных покрытий, сохранность маркировки. При обнаружении несоответствий дальнейшая работа с модулем запрещается;
- провести визуальный контроль целостности и чистоты коаксиальных соединителей. При обнаружении посторонних частиц провести чистку (см. п. [Чистка соединителей](#));
- проверить отсутствие механических повреждений (вмятин, забоин, отслаивания покрытия и т. д.) на контактных и токонесущих поверхностях коаксиальных соединителей;
- провести визуальный контроль целостности прямоугольного волновода, проверить отсутствие сколов, вмятин или забоин на фланце перехода, препятствующих его присоединению. При обнаружении посторонних частиц провести чистку (см. п. [Чистка соединителей](#));
- убедиться в отсутствии посторонних предметов внутри волновода.

ВНИМАНИЕ! При обнаружении механических повреждений соединителей модуля дальнейшая работа с этим модулем запрещается. Модуль бракуется и изолируется с целью предотвращения его применения и повреждения годных соединителей других устройств.

6.3 Чистка волновода

Чистку рекомендуется проводить при обнаружении загрязнений на фланце волновода или посторонних частиц внутри волновода.

Чистку проводить по следующей методике:

- в зависимости от степени загрязнения, протрите поверхность фланца сухим безворсовым материалом или ватным тампоном, смоченным в спирте. Чтобы не повредить поверхность фланца не следует прилагать при чистке чрезмерного давления;
- аккуратно протрите поверхности стенок волновода палочкой с ватным тампоном, смоченным в спирте;
- просушите все поверхности, убедиться в отсутствии на них остатков спирта;
- продуйте волновод воздухом и убедиться в отсутствии посторонних частиц;
- при необходимости повторите чистку.

6.4 Чистка соединителей

Чистку соединителей модуля рекомендуется проводить до и после сеанса измерений.

Чистку коаксиальных соединителей проводить по следующей методике:

- протрите поверхности соединителей палочкой с ватным тампоном (см. рисунок 11 и 12);
- проведите чистку остальных внутренних поверхностей соединителей, продув их воздухом;
- проведите визуальный контроль чистоты соединителей, убедитесь в отсутствии посторонних частиц;
- при необходимости повторите чистку.

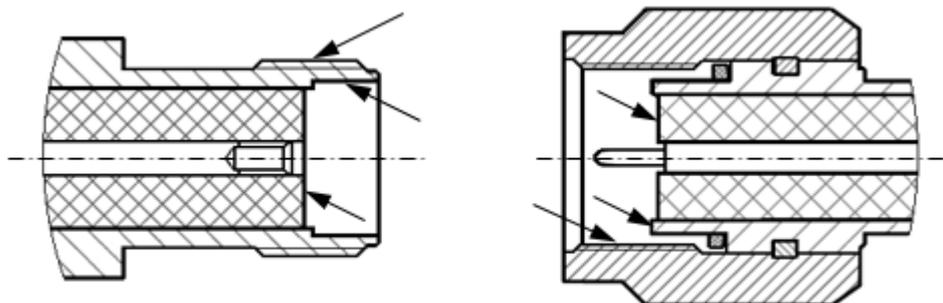


Рисунок 11 – Соединители тип SMA (розетка слева, вилка справа)

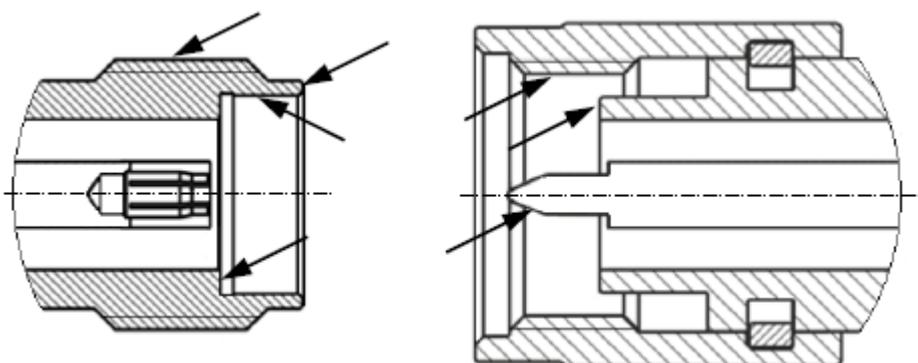


Рисунок 12 – Соединители тип 3,5 мм (розетка слева, вилка справа)

ВНИМАНИЕ!

ЗАПРЕЩАЕТСЯ применять металлические предметы, а также жидкости для чистки соединителей.

ЗАПРЕЩАЕТСЯ протирать центральный проводник соединителей "розетка". Чистку проводить продувным воздухом.

6.5 Проверка присоединительных размеров

Присоединительные размеры коаксиальных соединителей рекомендуется проверить при первом использовании модуля и, в дальнейшем, проверять регулярно.

Повторная проверка соединителей рекомендуется, если:

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

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

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.).

Проверке подлежат присоединительные размеры соединителей на задней панели модуля и соединители кабелей.

При проверке измеряется размер «А» и «В» для соединителей типа SMA, размер «А» для соединителей тип 3,5 мм (см. рисунок 13 и 14).

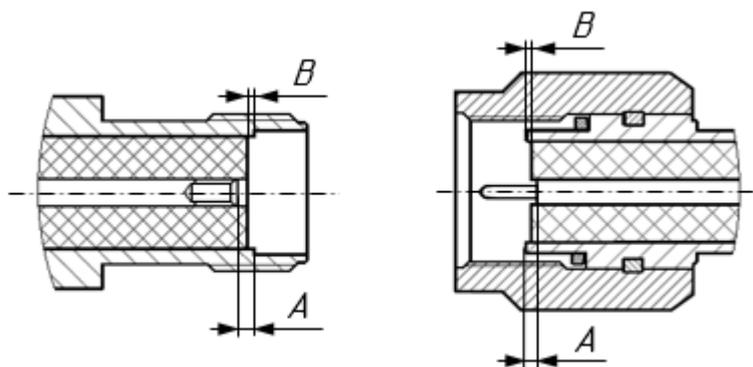


Рисунок 13 – Соединители тип SMA (розетка слева, вилка справа)

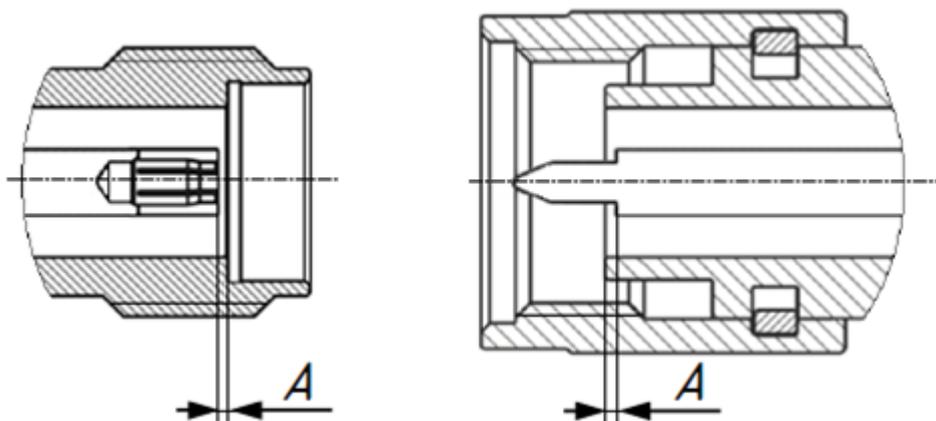


Рисунок 14 – Соединители тип 3,5 мм (розетка слева, вилка справа)

Присоединительный размер «А» соединителей должен находиться в пределах:

- типа SMA, розетка, мм от -0,10 до 0
- типа SMA, вилка, мм от -0,10 до 0
- типа 3,5 мм, розетка, мм от -0,08 до 0
- типа 3,5 мм, вилка, мм от -0,08 до 0

Присоединительный размер «В» соединителей должен находиться в пределах:

- типа SMA, розетка, мм от -0,05 до 0
- типа SMA, вилка, мм от -0,05 до 0

ВНИМАНИЕ!

При обнаружении несоответствий размеров проверяемого соединителя установленным нормам необходимо выполнить текущий ремонт модуля (см. п. [Текущий ремонт](#)). Модули с такими соединителями бракуют.

7 Текущий ремонт

При поломке модуля допускается только текущий фирменный ремонт, либо ремонт, который осуществляют предприятие-изготовитель. Метод ремонта – обезличенный.

ВНИМАНИЕ! ЗАПРЕЩАЕТСЯ производить самостоятельный ремонт модуля.

Текущий ремонт	Ремонт, выполняемый для обеспечения или восстановления работоспособности модуля и состоящий в замене и (или) восстановлении отдельных частей.
Обезличенный метод	Метод ремонта, при котором не сохраняется принадлежность восстановленных составных частей к определенному экземпляру модуля.

8 Хранение

Устройства из комплекта поставки до введения в эксплуатацию должны храниться в упаковке предприятия-изготовителя при температуре окружающего воздуха от 0 до плюс 40 °С и относительной влажности до 80 % (при температуре плюс 25 °С).

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

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

9 Транспортирование

Погрузка и выгрузка упакованного модуля должна проводиться аккуратно, исключая удары и повреждения транспортировочной тары.

Транспортировка модуля, а также средств измерений, входящих в его состав, осуществляется в закрытых транспортировочных 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 84,0 до 106,7 кПа (от 537 до 800 мм рт. ст.).

Разрешается транспортировать модуль 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 модуль должен быть размещен в отапливаемых герметизированных отсеках.

10 Приложение А Сокращения

Приставки

Обозначение	Приставка
п	пико (10^{-12})
н	нано (10^{-9})
мк	микро (10^{-6})
м	милли (10^{-3})
к	кило (10^3)
М	мега (10^6)
Г	гига (10^9)

Единицы измерения

Обозначение	Единицы измерения
Ω	О
дБ	Децибел
дБм, дБмВт	Децибел на милливатт
Вт	Ватт
Ф	Фарада
Гн	Генри
Гц	Герц
м	Метр

Обозначение	Единицы измерения
с	Секунда
В	Вольт

Сокращения

АЦП	аналого-цифровой преобразователь
ВАЦ	векторный анализатор цепей
ВЧ (RF)	высокие частоты
ГВЗ	групповое время задержки
ЛО	гетеродин
КЗ (Short)	мера короткого замыкания
ИУ	исследуемое устройство
МРЧД	модуль расширения частотного диапазона
ПК	персональный компьютер
ПО	программное обеспечение
ПЧ	промежуточная частота
СВЧ	сверхвысокие частоты
СН	согласованная нагрузка
ХХ (Open)	холостой ход
S-параметры	параметры рассеяния линейной электрической цепи

SCPI	Стандартные команды для программируемых приборов (Standard Commands for Programmable Instruments)
SOL	Short-Open-Load калибровка
SOLT	Short-Open-Load-Through калибровка
SSS	Three offset Shorts калибровка
SSST	Three offset Shorts-Through калибровка
Thru	перемычка
TRL	Thru-Reflect-Line калибровка
USB	Последовательный интерфейс для подключения периферийных устройств (Universal Serial Bus)

11 Приложение Б Установка уровня мощности измерительного и гетеродинного сигналов

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

Таблица 13 – Основные параметры RF IN, LO IN, PORT, LO OUT

Наименование характеристики	Значение характеристики
Модуль, выход «RF IN»	
Диапазон частот (ΔF), ГГц:	
ВЕКТОР 50 - 75 ГГц, ВЕКТОР 50 - 75 ГГц с опцией A75	от 12,5 до 18,75
ВЕКТОР 50 - 75 ГГц с опцией B78	от 12,5 до 19,5
ВЕКТОР 75 - 110 ГГц, ВЕКТОР 75 - 110 ГГц с опцией A110	от 12,5 до 18,33
ВЕКТОР 78 - 118 ГГц, ВЕКТОР 78 - 118 ГГц с опцией A118	от 9,75 до 14,75
ВЕКТОР 110 - 170 ГГц, ВЕКТОР 110 - 170 ГГц с опцией A170	от 9,16 до 14,17
ВЕКТОР 110 - 170 ГГц с опцией B178	от 9,83 до 14,83
Диапазон уровня входной мощности (ΔP), дБ (1 мВт)	
ВЕКТОР 50 - 75 ГГц, ВЕКТОР 50 - 75 ГГц с опцией A75, ВЕКТОР 50 - 75 ГГц с опцией B78, ВЕКТОР 75 - 110 ГГц, ВЕКТОР 75 - 110 ГГц с опцией A110	от плюс 1 до плюс 10
ВЕКТОР 78 - 118 ГГц, ВЕКТОР 78 - 118 ГГц с опцией A118	от плюс 1 до плюс 8
ВЕКТОР 110 - 170 ГГц, ВЕКТОР 110 - 170 ГГц с опцией A170, ВЕКТОР 110 - 170 ГГц с опцией B178	от плюс 1 до плюс 6
Максимально допустимый уровень входной мощности, дБ (1 мВт)	15

Наименование характеристики	Значение характеристики
Максимальный уровень напряжения постоянного тока, В	10
Модуль, выход «LO IN»	
Диапазон входных частот (ΔF), ГГц:	
ВЕКТОР 50 - 75 ГГц, ВЕКТОР 50 - 75 ГГц с опцией A75	от 12,5 до 18,75
ВЕКТОР 50 - 75 ГГц с опцией B78	от 12,5 до 19,5
ВЕКТОР 75 - 110 ГГц, ВЕКТОР 75 - 110 ГГц с опцией A110	от 9,4 до 13,75
ВЕКТОР 78 - 118 ГГц, ВЕКТОР 78 - 118 ГГц с опцией A118	от 9,75 до 14,75
ВЕКТОР 110 - 170 ГГц, ВЕКТОР 110 - 170 ГГц с опцией A170	от 9,16 до 14,17
ВЕКТОР 110 - 170 ГГц с опцией B178	от 9,83 до 14,83
Диапазон уровня входной мощности (ΔP), дБ (1 мВт):	
ВЕКТОР 50 - 75 ГГц, ВЕКТОР 50 - 75 ГГц с опцией A75, ВЕКТОР 50 - 75 ГГц с опцией B78	от минус 7 до минус 2
ВЕКТОР 75 - 110 ГГц, ВЕКТОР 75 - 110 ГГц с опцией A110, ВЕКТОР 78 - 118 ГГц, ВЕКТОР 78 - 118 ГГц с опцией A118, ВЕКТОР 110 - 170 ГГц, ВЕКТОР 110 - 170 ГГц с опцией A170, ВЕКТОР 110 - 170 ГГц с опцией B178	от минус 10 до 0
Максимально допустимый уровень входной мощности, дБ (1 мВт)	15
Максимальный уровень напряжения постоянного тока, В	10

Наименование характеристики	Значение характеристики
Анализатор, выход «PORT» (совместная работа с модулями)	
Диапазон выходных частот С4220, С4420, ГГц	от 0,0001 до 20 ГГц
Диапазон установки уровня выходной мощности С4220, С4420, дБ (1 мВт)	от минус 60 до плюс 10
Анализатор, выход «LO OUT»	
Диапазон выходных частот С4220, С4420, ГГц	от 3,9 до 20
Диапазон установки уровня выходной мощности С4220, С4420, дБ (1 мВт)	от минус 6 до плюс 6

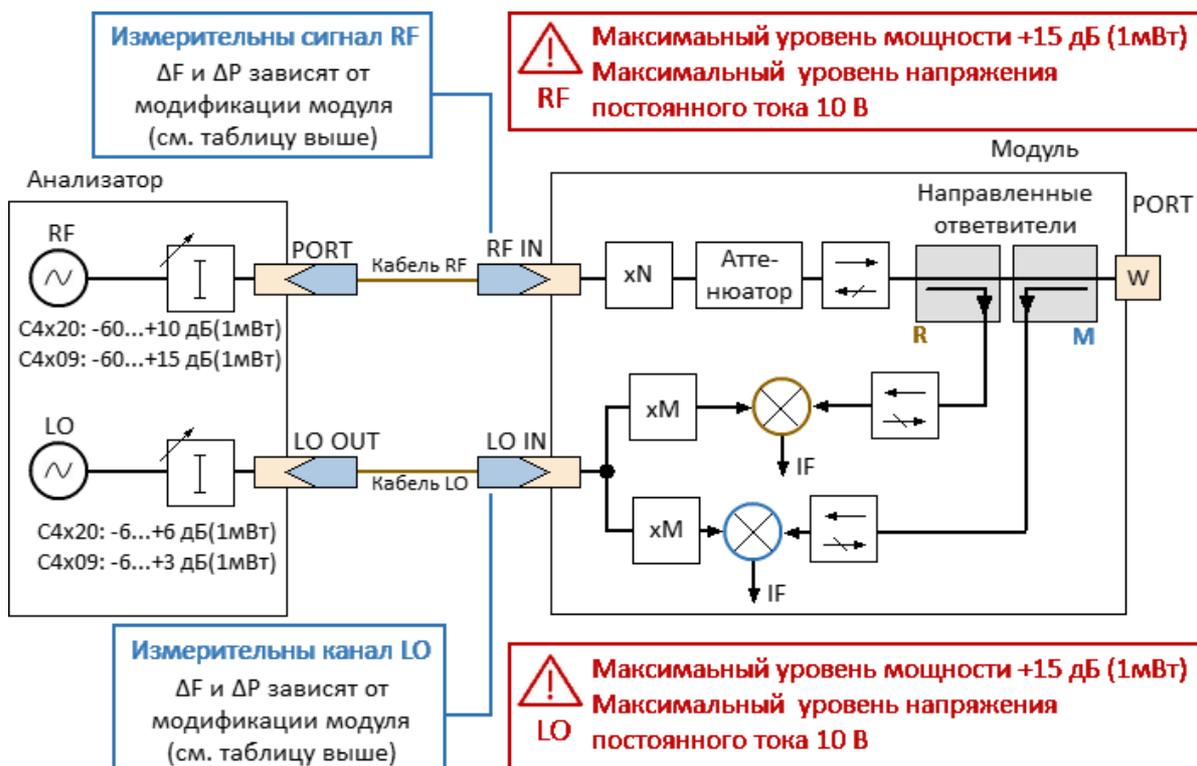


Рисунок 15 – Передача измерительного и гетеродинного сигналов между анализатором и модулем

Порядок установки мощности сигналов

1. Измерьте модуля коэффициента передачи кабеля RF (LO)

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

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

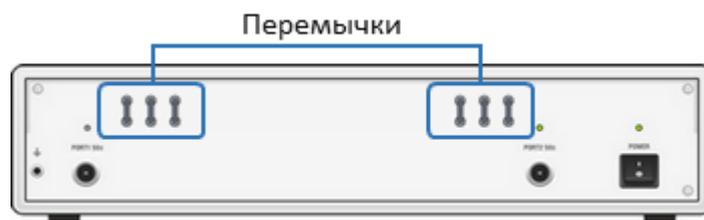
2. Вычислите мощности сигналов на выходе анализатора.

3. Установите параметры в программе анализатора и проверьте работоспособность.

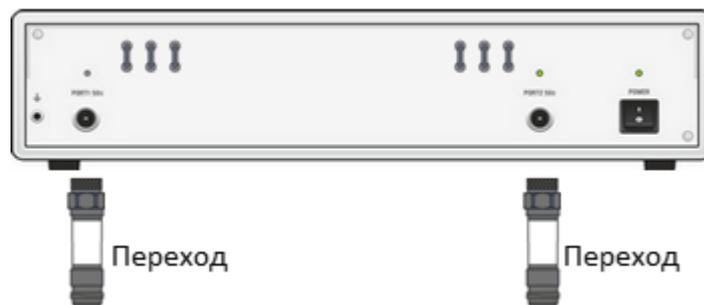
Установка мощности сигналов на выходе анализатора при использовании кабелей RF и LO произвольной длины

1. В выключенном состоянии отсоедините от анализатора модули расширения частотного диапазона и подключите перемычки к передней панели. Включите анализатор, запустите программное обеспечение. Переведите анализатор в диапазон его рабочих частот, нажав программные кнопки:

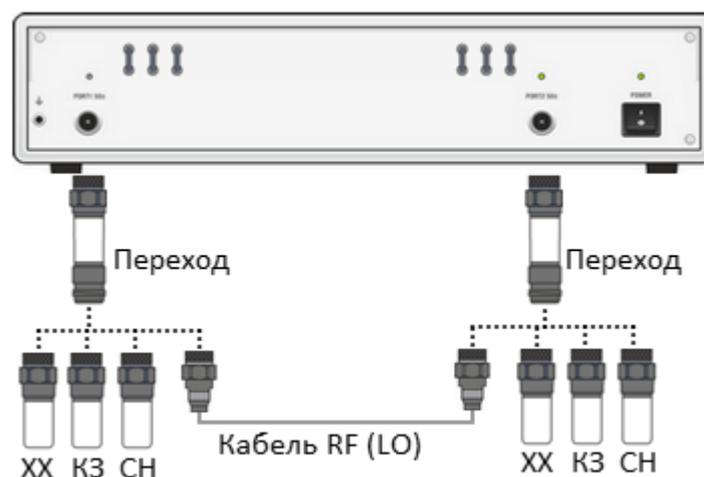
Главное меню > Система > Настройки > Расширитель частоты > Нет



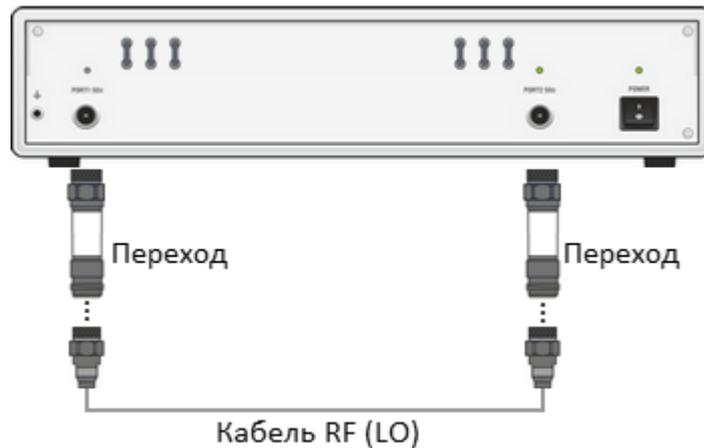
2. Присоедините к измерительным портам анализатора переходы коаксиальные, позволяющие прямое подключение исследуемого кабеля RF (LO).



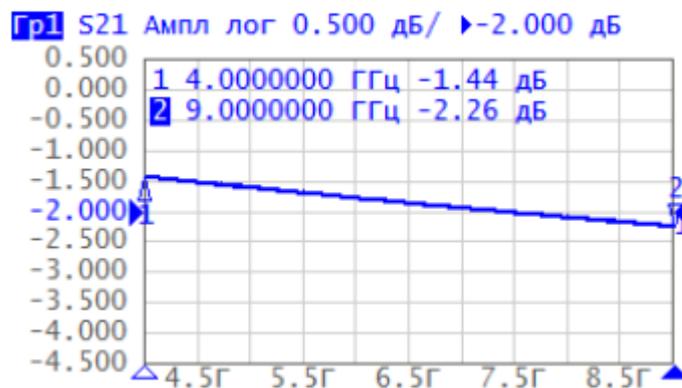
- Установите на анализаторе параметры по умолчанию, диапазон частот от $f_{\text{Н}} = 4$ ГГц до $f_{\text{В}} = 20$ ГГц, количество точек 501, фильтр ПЧ 1 кГц, уровень выходной мощности минус 5 дБм. Выполните полную двухпортовую калибровку с неизвестной перемычкой по сечению переходов. В качестве неизвестной перемычки может быть использован исследуемый кабель RF (LO), если предварительно известно, что его потери не превышают 10 дБ в установленном диапазоне частот, или другой кабель СВЧ. Допускается использовать другие типы двухпортовой калибровки.



- После калибровки анализатора подключите кабель RF (LO) и измерьте его модуль коэффициента передачи $S_{21}(f)$ в дБ. Измерения и дальнейшие вычисления следует выполнять отдельно для каждого кабеля RF(LO).



5. С помощью маркеров определите коэффициент передачи на частотах f_H и f_B . Зафиксировать результаты $S_{21}(f_H)$ и $S_{21}(f_B)$ в дБ.



В приведенном примере $S_{21}(f_H = 4 \text{ ГГц}) = -1,44 \text{ дБ}$, $S_{21}(f_B = 9 \text{ ГГц}) = -2,26 \text{ дБ}$.

6. Вычислите наклон коэффициента передачи S :

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

где f_H и f_B – частоты в ГГц. S – неотрицательное число.

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

Выходные сигналы анализатора, дБ (1 мВт):

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

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

Входные сигналы модуля, дБ (1 мВт):

$$P_{RF}(f_H) = P_{PORT}(f_H) + S21(f_H)$$

$$P_{LO}(f_H) = P_{LO.OUT}(f_H) + S21(f_H)$$

Если полученные значения мощности выходят за пределы диапазона регулировки измерительного или гетеродинного сигнала (см. таблицу 13), следует обратиться на предприятие-изготовитель для получения дополнительной информации о возможных способах компенсации потерь.

8. В выключенном состоянии подключите к анализатору модули расширения частотного диапазона. Схемы подключения приведены в п. [Схемы подключения](#). Включите анализатор, запустите программное обеспечение. Выберите модуль в программном обеспечении (см. п. [Выбор модулей в программном обеспечении](#)).
9. Введите в программное обеспечение значения $P_{PORT}(f_H)$ в поле **Мощн. порта РЧ** и $P_{LO.OUT}(f_H)$ в поле **Мощн. порта LO** (см. п. [Установка параметров модуля](#)).
10. Введите в программное обеспечение значение наклона S поля **Наклон мощн. РЧ** и **Наклон мощн. LO** для автоматической компенсации вносимых потерь кабеля RF (LO) в диапазоне частот от f_H и f_B (см. п. [Установка параметров модуля](#)). Компенсация потерь в диапазоне частот выполняется по линейному закону.
11. Выходные сигналы анализатора и входные сигналы модуля в диапазоне частот от f_H и f_B с компенсацией потерь в кабеле.

Выходные сигналы анализатора, дБ (1 мВт):

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

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

Выходные сигналы модуля, дБ (1 мВт):

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

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

$$f_H \leq f \leq f_B$$

ВНИМАНИЕ! ЗАПРЕЩАЕТСЯ превышать максимальную входную мощность сигналов или максимальное постоянное напряжения, указанных на задней панели модулей. Это может привести к выходу их из строя.

12. После установки параметров сигналов рекомендуется провести пробные измерения в соответствии с п. [Порядок проведения измерений](#), подключив нагрузку с известным номинальным значением коэффициента отражения. Если в ходе измерений с заданными параметрами измерительного и гетеродинного сигналов будут наблюдаться нехарактерные шумы или всплески трасс, следует обратиться на предприятие-изготовитель для получения более подробной информации по эксплуатации модулей.