

## АНАЛИЗАТОРЫ ЦЕПЕЙ ВЕКТОРНЫЕ СЕРИИ Р4М



ВНЕСЕН В ГОСРЕЕСТР СИ

### КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ

Векторные анализаторы цепей (ВАЦ) серии Р4М предназначены для измерения комплексных S-параметров линейных одно- и двухпортовых устройств, различных характеристик нелинейных цепей.

Область применения ВАЦ серии Р4М – исследование, настройка, испытания, контроль и производство ВЧ и СВЧ устройств, используемых в радиоэлектронике, связи, радиолокации, измерительной технике.

Принцип действия анализатора основан на раздельном измерении параметров падающей, отраженной и прошедшей через исследуемое устройство (ИУ) волны сигнала с применением направленных ответвителей. В состав прибора входят синтезированный источник зондирующего сигнала и приёмники отражённых и прошедших через ИУ сигналов.

Управление ВАЦ Р4М осуществляется с помощью внешнего персонального компьютера с установленным программным обеспечением «Graphit Р4М». Информационный обмен между ВАЦ и персональным компьютером осуществляется по интерфейсу Ethernet.

Многоканальная система синхронизации обеспечивает совместную работу Р4М с другими приборами. Возможность управления Р4М через команды SCPI позволяет интегрировать прибор в автоматизированные контрольно-измерительные комплексы.

### ХАРАКТЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ

- Измерение S-параметров от 10 МГц до 20 ГГц
- Динамический диапазон более 100 дБ
- Измерения в импульсном режиме: «точка в импульсе», «профиль импульса»
- Измерение параметров частотно-преобразующих устройств с векторной калибровкой
- Измерение уровней гармоник и интермодуляционных составляющих
- Возможность сканирования по частоте и/или по мощности зондирующего сигнала
- Анализ и фильтрация во временной области, математическое встраивание и исключение цепей
- Возможность проведения векторных калибровок для коаксиального, волноводного и микрополоскового трактов, поддержка электронного калибратора

Благодаря гибкой архитектуре, обладающей высокой интегрируемостью и возможностью конфигурирования, анализаторы цепей серии Р4М являются идеальным техническим решением для реализации сложных задач.

В зависимости от состава используемых в приборе аппаратных опций, анализаторы разделяются на модификации. К выбранной модификации прибора могут добавляться любые программные, аппаратные и программно-аппаратные опции.

### ФУНКЦИИ И ОПЦИИ ПРИБОРА

**КОЛИЧЕСТВО ПОРТОВ И ТИПЫ ВЫХОДНЫХ СВЧ СОЕДИНИТЕЛЕЙ (ОПЦИЯ «20А»)**

Опция «20А» – аппаратная опция. Определяет количество измерительных портов и тип выходных соединителей. Двухпортовый измерительный блок с соединителями тип NMD 3,5 мм (вилка).

**ИЗМЕРЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ШУМА (ОПЦИЯ «ИКШ»)**

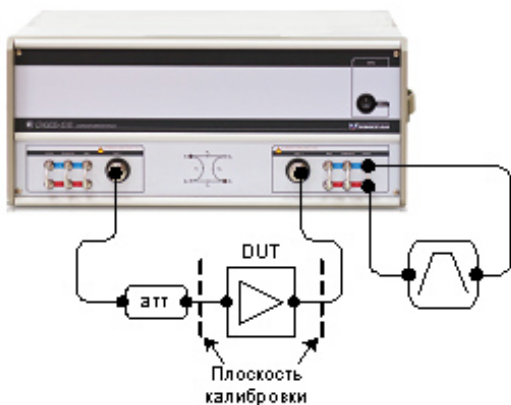
Опция «ИКШ» – программно-аппаратная опция. Позволяет проводить измерения коэффициента шума с векторной коррекцией неполного согласования между исследуемым устройством и входом приемника Р4М. При работе с данной опцией, необходим генератор шума (приобретается отдель-

но) и внешние фильтры, более подробную информацию о которых Вы можете узнать на сайте [www.micrap.ru](http://www.micrap.ru), или обратившись по контактам, указанным в конце каталога.

Измерения проводятся штатным приемником Р4М, который дополнительно оснащается малошумящим предусилителем и набором переключателей, позволяющих конфигурировать измерительную схему в обход направленного ответвителя с целью увеличения чувствительности приемного тракта. Для измерения коэффициента шума используется метод «холодного» источника с применением векторной коррекции рассогласования между ИУ и входом Р4М, что позволяет не применять генератор шума в измерительной схеме. Генератор шума необходим только при калибровке приемников. Рекомендуется использовать генераторы шума серии ГШМ2, более подробная информация о которых представлена в разделе «Контрольно-измерительная аппаратура СВЧ». Для калибровки прибора используется традиционный набор калибровочных мер (НКММ) или модуль электронного калибратора (Р4М-ЭК4).

Для устранения влияния нежелательного преобразования на третьей гармонике в смесителе, необходимо устанавливать дополнительный полосовой фильтр на вход измерительного приемника (поставляются отдельно). Рекомендуется включение дополнительного согласующего аттенюатора (например, аттенюатора серии Д2М в разделе «Элементы СВЧ тракта») на входе ИУ, чтобы исключить влияние входного импеданса на коэффициент шума.

Р4М-18, переключая схему с малошумящим усилителем, последовательно измеряет S-параметры и коэффициента шума.



#### ВСТРОЕННЫЙ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЬ ОПОРНОГО ПРИЕМНИКА (ОПЦИЯ «СПА»)

Опция «СПА» - аппаратная опция. В измеритель устанавливается переключатель, позволяющий управлять путем распространения сигнала первого опорного канала. Опция предназначена для реализации высокоточных измерений параметров устройств с преобразованием частоты.

#### ПРЯМОЙ ДОСТУП К ГЕНЕРАТОРУ И ПРИЕМНИКУ (ОПЦИЯ «ДПА»)

Опция «ДПА» - аппаратная опция. Анализатор комплектуется переключками для прямого доступа

к генераторам и входам измерительных и опорных приемников с целью дополнительного ослабления или усиления сигналов.

#### РАСШИРЕННЫЙ ДИНАМИЧЕСКИЙ ДИАПАЗОН (ОПЦИЯ «ДМА»)

Опция «ДМА» – аппаратная опция. Дополнительно к опции «ДПА» устанавливаются четыре электро-механических аттенюатора для расширения диапазона регулировки уровня выходной мощности и обеспечения оптимального режима работы приемников.

#### ИЗМЕРЕНИЕ ГАРМОНИК И ИНТЕРМОДУЛЯЦИОННЫХ ИСКАЖЕНИЙ (ОПЦИЯ «ИМП»)

Опция «ИМП» - программная опция. Позволяет отдельно управлять частотами зондирующего сигнала и гетеродина при использовании внешнего генератора и сумматора, а также измерять уровень гармонических и интермодуляционных составляющих. Анализатор и внешний генератор используют общую опорную частоту, а с помощью системы синхронизации обеспечивается синхронная перестройка.

#### ДИНАМИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ (ОПЦИЯ «ИКП»)

Опция «ИКП» - программная опция. Синтезированный источник сигнала стабилизирован системой фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) по частоте и системой автоматической регулировки мощности (АРМ) по амплитуде. Наличие системы АРМ позволяет перейти от сканирования в частотной области к сканированию по мощности зондирующего сигнала. В данном режиме осуществляется измерение компрессии коэффициента усиления, уровня выходной мощности в точке компрессии и амплитудно-фазовой конверсии.

#### ИМПУЛЬСНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ (ОПЦИЯ «ИИП»)

Опция «ИИП» - программная опция. Синхронизация процесса измерения параметров ИУ с сигналом управления внешним импульсным модулятором или коммутацией питания измеряемого устройства позволяет измерять параметры различных СВЧ изделий, работающих в импульсном режиме. Минимальное время измерения S-параметров (соответственно и минимальная длительность радио-импульса) составляет 40 нс. Сдвигая измерительное окно (с шагом  $\geq 10$  нс), измеряется профиль импульса.

#### АНАЛИЗ И ФИЛЬТРАЦИЯ ВО ВРЕМЕННОЙ ОБЛАСТИ (ОПЦИЯ «ВОП»)

Опция «ВОП» - программная опция. Позволяет проводить анализ ИУ во временной области. Позволяет отображать прошедшие через ИУ или отраженные от него отклики вдоль оси времени или расстояния. Фильтрация во временной области по-

зволяет подавить мешающие отклики, вызванные, например, переотражениями в оснастке.

### ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ СМЕСИТЕЛЕЙ С ВЕКТОРНОЙ КАЛИБРОВКОЙ (ТРЕБУЕТ НАЛИЧИЯ ОПЦИИ «СПА»)

Раздельное управление частотами зондирующего сигнала и гетеродина приемников позволяет реализовать измерения устройств с переносом частоты при наличии внешнего генератора. Встроенный в анализатор переключатель (опция «СПА») подаёт на опорный приёмник сигналы зондирующей или преобразованной частоты. Это позволяет после векторной калибровки измерять 5 комплексных параметров смесителя:

- коэффициент преобразования S21 (с отображением модуля, «фазы» и ГВЗ);
- коэффициенты отражения S11;

- коэффициенты отражения S22;
- изоляция S21 на частоте зондирования;
- изоляция S12 на преобразованной частоте.

### ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Программное обеспечение «Graphit P4M», используемое для управления ВАЦ P4M, обладает следующими достоинствами:

- удобный пользовательский интерфейс;
- гибкая система создания отчетов;
- возможность сохранения/загрузки профилей для измерительных схем;
- редактор формул для выполнения сложных математических операций;
- неограниченное количество измерительных трасс и трасс памяти;
- настраиваемая система маркеров.

## ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

<b>Диапазон рабочих частот</b>	
В коаксиальном тракте 7,0/3,04 мм	10 МГц ... 18 ГГц
В коаксиальном тракте 3,5/1,52 мм	10 МГц ... 20 ГГц
<b>Пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты при работе от внутреннего опорного генератора в течение одного года</b>	$\pm 2 \times 10^{-6}$
<b>Диапазон установки уровня выходной мощности</b>	
Без опции «ДМА»	-20 ... 0 дБм
С опцией «ДМА»	-90 ... 0 дБм
<b>Пределы допускаемой относительной погрешности установки уровня выходной мощности в диапазоне от минус 20 до 0 дБм</b>	$\pm 2$ дБ
<b>Диапазон ослаблений аттенюаторов источника сигнала для опции «ДМА»</b>	0 ... 70 дБ с шагом 10 дБ
<b>Диапазон ослаблений аттенюаторов приемника сигнала для опции «ДМА»</b>	0 ... 30 дБ с шагом 10 дБ
<b>Диапазон измерений модуля коэффициента отражения (КО)</b>	0 ... 1
<b>Диапазон измерений модуля коэффициента передачи (КП) в диапазоне частот от 125 до 18000 (20000) МГц</b>	
Без опции «ДМА»	-90 ... +20 дБ
С опцией «ДМА»	-90 ... +50 дБ
<b>Уровень собственного шума приемников при полосе фильтра ПЧ 10 Гц в диапазоне частот от 125 до 18000 (20000) МГц</b>	$\leq -100$ дБ
<b>Пределы допускаемой абсолютной погрешность измерения модуля коэффициента передачи</b>	$\pm(0,5 \dots 2,5)$ дБ в зависимости от частоты и модуля коэффициента передачи
<b>Пределы допускаемой абсолютной погрешность измерения фазы коэффициента передачи</b>	от 1,5° до 12° в зависимости от частоты и модуля коэффициента передачи
<b>Пределы допускаемой абсолютной погрешность измерения модуля коэффициента отражения</b>	$\pm(0,01 \dots 0,055)$ в зависимости от частоты и модуля коэффициента отражения
<b>Пределы допускаемой абсолютной погрешность измерения фазы коэффициента отражения</b>	от 1,5° в зависимости от частоты и модуля коэффициента отражения



## НАБОРЫ МЕР И ЭЛЕКТРОННЫЕ КАЛИБРАТОРЫ



В программном обеспечении анализатора предусмотрены однопортовая, полная двухпортовая, однонаправленная двухпортовая калибровки, нормализация частотной характеристики тракта передачи или отражения. Калибровка анализатора может осуществляться с использованием наборов мер или с помощью электронных калибраторов.

### АВТОМАТИЧЕСКИЕ МОДУЛИ КАЛИБРОВКИ СЕРИИ Р4М - ЭК4

Новое поколение электронных калибраторов Р4М-ЭК4 предназначено для автоматизации процесса калибровки векторных анализаторов цепей Р4М. Ключевой особенностью электронного калибратора является интегральная схема электронно-переключаемых нагрузок производства НПФ «Микран». Для подключения к портам векторных анализаторов цепей модуль электронного калибратора комплектуется дополнительными переходами с соединителями NMD с одной стороны, и стандартными соединителями в тракте 3,5/1,52 мм, либо 7,0/3,04 мм - с другой стороны.

По сравнению с набором калибровочных мер электронный калибратор имеет преимущество за счет удобства работы и высокой скорости калибровки при сравнимых показателях погрешности, меньше подвержен механическому износу и дольше сохраняет метрологические свойства.

Ключевыми особенностями Р4М-ЭК4 являются:

- автоопределение подключения к портам ВАЦ;
- снижение трудоемкости и длительности процесса калибровки;
- уменьшение вероятности ошибок оператора;
- использование специализированной GaAs МИС с постоянными фазовыми соотношениями между мерами во всем диапазоне частот;
- уменьшение износа калибровочных мер и кабельных сборок, портов анализатора;
- устройство предлагается в различных соединительных трактах;
- управляется посредством USB.

## НАБОРЫ МЕР

Наборы калибровочных мер предназначены для калибровки векторных анализаторов цепей в трактах 3,5/1,52 мм и 7,0/3,04 мм. Каждый набор содержит необходимый комплект нагрузок и переходов для калибровки. Так же в состав наборов входят ключи тарированный, поддерживающий и переходы с усиленными соединителями типа NMD с одной стороны, и стандартными соединителями в тракте 3,5/1,52 мм либо 7,0/3,04 мм - с другой стороны.

О точности измерений комплексных S-параметров различных устройств при ВАЦ можно говорить только в сочетании с тем или иным набором калибровочных мер. Итоговая погрешность измерений будет определяться неточностью описания мер, а также неизменностью их параметров за время эксплуатации, метода калибровки и нестабильностью ВАЦ.

### ФАЗОСТАБИЛЬНЫЕ КАБЕЛЬНЫЕ СБОРКИ



**Для повышения фазовой стабильности кабельные СВЧ сборки изготовлены со специальной защитой и соединителями усиленного типа NMD.** Защита ограничивает минимальный радиус сгибания кабеля, защищает кабель от сдавливания, продольных нагрузок и поперечного скручивания, что повышает ресурс кабеля до нескольких сотен тысяч сгибаний со стабильной фазовой характеристикой.

Гайки NMD соединителей имеют две резьбы: внешнюю - увеличенную и внутреннюю - стандартную. С помощью внешней резьбы происходит соединение с розетками NMD, при этом получается стабильное коаксиальное соединение, а с помощью внутренней резьбы происходит соединение с обычными розетками в том же тракте.



## ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Обозначение	Потери, дБ	L1, мм	L2, мм	Рабочая частота F, ГГц	КСВН	Фазовая стабильность при изгибании, град. не более	Минимальный радиус сгибания, мм
КСФ26-13РН-13Н-700	2,2	700	705	0 - 20	1,3	±б <sup>1</sup>	60
КСФ26-13РН-13Н-1000	2,8	1000	1005				
КСФ26-13РН-13Н-1500	3,2	1500	1505				
Примечание:							
<sup>1</sup> При обороте на 360° вокруг цилиндра диаметром 120 мм.							

## ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ ЗАКАЗА

<b>Базовый комплект поставки</b>	
1. Векторный анализатор цепей. 2. Набор калибровочных мер. 3. Фазостабильные кабельные сборки - 2 шт.	
<b>Комплектация генераторного блока</b>	
1. Анализатор цепей векторный Р4М-18. 2. Кабель Ethernet. 3. Кабель питания. 4. Программный комплекс Р4М «Graphit Р4М». 5. Эксплуатационная документация. 6. Транспортировочный кейс. 7. Свидетельство о поверке. 8. Ключ поддерживающий КП-3. 9. Ключ тарированный КТ-3.	
<b>Модификации генераторно-измерительного блока</b>	
Р4М-18/1	Анализатор цепей векторный, 0,01...20 ГГц с опцией «20А»
Р4М-18/2	Анализатор цепей векторный, 0,01...20 ГГц с опциями «20А», «ДПА»
Р4М-18/3	Анализатор цепей векторный, 0,01...20 ГГц с опциями «20А», «ДМА»
Р4М-18/3-ИКШ <sup>1</sup>	Анализатор цепей векторный, 0,01...20 ГГц с опциями «20А», «ДМА», «ИКШ»
Р4М-18/3-СПА	Анализатор цепей векторный, 0,01...20 ГГц с опциями «20А», «ДМА», «СПА»
Р4М-18/3-ИКШ <sup>1</sup> -СПА	Анализатор цепей векторный, 0,01...20 ГГц с опциями «20А», «ДМА», «СПА», «ИКШ»
Р4М-18/4	Анализатор цепей векторный, 0,01...20 ГГц с опциями «20А», «ДПА», «СПА»
<b>Программные опции</b>	
«ВОП»	Анализ и фильтрация во временной области
«ИМП»	Измерение гармоник и интермодуляционных искажений
«ИИП»	Измерение параметров устройств, работающих в импульсном режиме
«ИКП»	Измерение точки компрессии активных устройств с малой мощностью
<b>Наборы калибровочных мер для векторных анализаторов цепей</b>	
НКММ-13-13Р	Набор калибровочных мер с соединителями тип 3,5 мм
НКММ-01-01Р	Набор калибровочных мер с соединителями тип III
НКММ-03-03Р	Набор калибровочных мер с соединителями тип IX вар.3
НКММ-11-11Р	Набор калибровочных мер с соединителями тип N
<b>Кабели СВЧ фазостабильные в тракте 3,5/1,52 мм</b>	
КСФ26-13РН-13Н-700	Кабель СВЧ фазостабильный, соед. тип NMD 3,5 мм (розетка) - тип NMD 3,5 мм (вилка), 700 мм
КСФ26-13РН-13Н-1000	Кабель СВЧ фазостабильный, соед. тип NMD 3,5 мм (розетка) - тип NMD 3,5 мм (вилка), 1000 мм
КСФ26-13РН-13Н-1500	Кабель СВЧ фазостабильный, соед. тип NMD 3,5 мм (розетка) - тип NMD 3,5 мм (вилка), 1500 мм
<b>Калибраторы электронные</b>	
Р4М-ЭК4-18-01Р-01	Калибратор электронный, тип III (розетка) - тип III (вилка)
Р4М-ЭК4-18-01Р-01Р	Калибратор электронный, тип III (розетка) - тип III (розетка)
Р4М-ЭК4-18-01-01	Калибратор электронный, тип III (вилка) - тип III (вилка)
Р4М-ЭК4-18-11Р-11	Калибратор электронный, тип N (розетка) - тип N (вилка)



Р4М-ЭК4-18-11Р-11Р	Калибратор электронный, тип N (розетка) - тип N (розетка)
Р4М-ЭК4-18-11-11	Калибратор электронный, тип N (вилка) – тип N (вилка)
Р4М-ЭК4-20-13-13	Калибратор электронный, тип 3,5 мм (вилка) - тип 3,5 мм (вилка)
Р4М-ЭК4-20-13Р-13	Калибратор электронный, тип 3,5 мм (розетка) - тип 3,5 мм (вилка)
Р4М-ЭК4-20-13Р-13Р	Калибратор электронный, тип 3,5 мм (розетка) - тип 3,5 мм (розетка)
Р4М-ЭК4-20-03Р-03Р	Калибратор электронный, тип IX вар.3 (розетка) - тип IX вар.3 (розетка)
Р4М-ЭК4-20-03-03	Калибратор электронный, тип IX вар.3 (вилка) - тип IX вар.3 (вилка)
Р4М-ЭК4-20-03Р-03	Калибратор электронный, тип IX вар.3 (розетка) - тип IX вар.3 (вилка)
Примечание: <sup>1</sup> Генератор шума и фильтры приобретается отдельно.	

## ПРИМЕР ЗАКАЗА

1. Анализатор цепей векторный Р4М-18/3-ИКШ-ВОП-ИМП — 1 шт.
2. Набор калибровочных мер с соединителями тип 3,5 мм, НКММ-13-13Р — 1 шт.
3. Кабель СВЧ фазостабильный, КСФ26-13РН-13Н-700 — 2 шт.
4. ПКУ-11, устройство управления и отображения информации — 1 шт.