ОПИСАНИЕ ТИПА СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Анализаторы цепей векторные Р4М-40

Назначение средства измерений

Анализаторы цепей векторные Р4М-40 предназначены для измерения комплексных коэффициентов передачи и отражения (S-параметров) двухполюсников и четырехполюсников в коаксиальных волноводах с диаметрами поперечных сечений 2,4/1,042 мм.

Описание средства измерений

Принцип действия анализаторов цепей векторных Р4М-40 основан на принципе рефлектометра - раздельного выделения измерительных сигналов: падающего, прошедшего через измеряемый СВЧ четырехполюсник и отраженных от его входов, преобразования их в опорный и измеряемые сигналы, формирования напряжений, пропорциональных этим сигналам, и дальнейшего дискретного преобразования этих напряжений с целью цифровой обработки и индикации измеряемых величин. Выделение измерительных сигналов производится с помощью направленных ответвителей.

Анализаторы цепей векторные Р4М-40 совмещают в себе синтезированный источник сигнала, измеритель S-параметров и настраиваемый приемник в одном корпусе. В состав анализатора цепей векторного входят: синтезатор частот, две пары направленных ответвителей, два опорных и два измерительных приемника, блок сбора данных и управления, источник питания.

Конструктивно анализаторы цепей векторные Р4М-40 выполнены в металлическом корпусе и работают под управлением персонального компьютера с операционной системой Windows.

В анализаторах цепей векторных Р4М-40 предусмотрены однопортовая, полная двухпортовая, однонаправленная двухпортовая калибровка, нормализация частотной характеристики тракта передачи или отражения и соответствующая векторная коррекция составляющих систематической погрешности измерений. Калибровка (нормирование характеристик) анализатора цепей векторного Р4М-40 выполняется с использованием набора калибровочных мер.

Общий вид анализаторов цепей векторных Р4М-40 и обозначение места нанесения знака утверждения типа приведены на рисунке 1. Схема пломбировки от несанкционированного доступа приведена на рисунке 2.

Место нанесения знака об утверждении
типа средства измерений

Рисунок 1– Общий вид средства измерений

Места для пломбирования от несанкционированного доступа

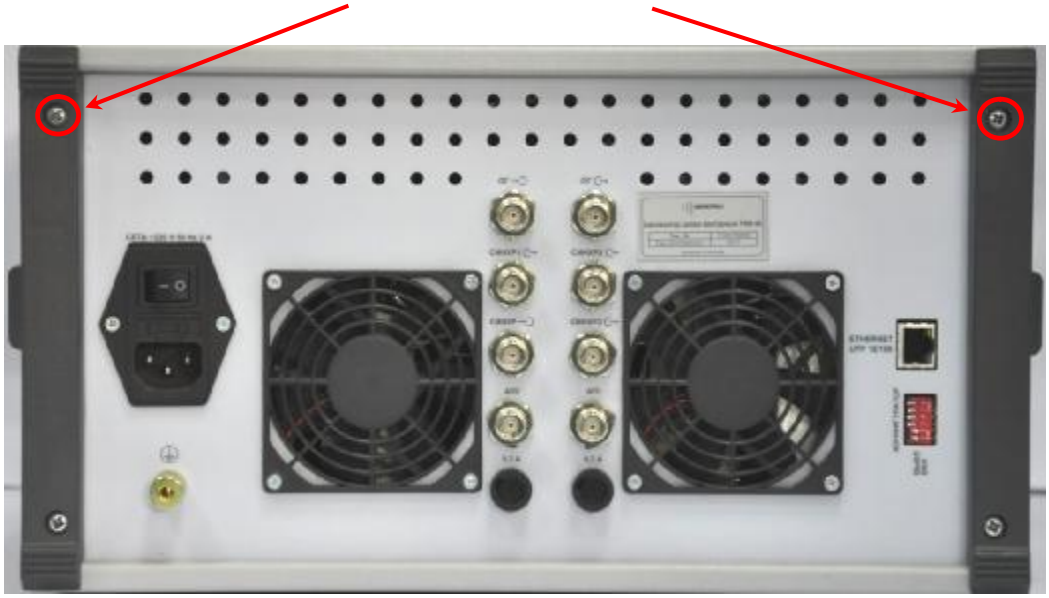

Рисунок 2– Схема пломбировки от несанкционированного доступа

Программное обеспечение

Анализаторы цепей векторные Р4М-40 работают под управлением внешнего персонального компьютера с установленным программным обеспечением Graphit P4M, который проводит обработку информации, выполняет ряд вычислительных функций и обеспечивает различные варианты отображения результатов измерений. Для связи с персональным компьютером используется интерфейс Ethernet.

Программное обеспечение реализовано без выделения метрологически значимой части. Недокументированные возможности отсутствуют, все функции полностью описаны в руководстве по эксплуатации.

Влияние программного обеспечения не приводит к выходу метрологических характеристик анализатора цепей векторного Р4М-40 за пределы допускаемых значений.

Уровень защиты программного обеспечения «низкий» в соответствии с Р 50.2.077-2014.

Идентификационные данные программного обеспечения (ПО) приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Идентификационные данные программного обеспечения

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	Graphit P4M
Номер версии (идентификационный номер) ПО	не ниже 2.5
Цифровой идентификатор ПО	-

Метрологические и технические характеристики

Метрологические и технические характеристики анализаторов цепей векторных Р4М-40 приведены в таблицах 2 и 3 соответственно.

Диапазоны и пределы допускаемых погрешностей измерений коэффициентов передачи и отражения приведены для рабочего диапазона температур окружающей среды и изменении температуры не более ±2 °С после выполнения однопортовой (только для коэффициента отражения) или полной двухпортовой калибровки (включая изоляцию), при уровне мощности выходного сигнала минус 10 дБ (1 мВт), с помощью набора калибровочных мер.

Таблица 2 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
1	2
Диапазон рабочих частот, ГГц	от 0,01 до 40
Дискретность установки частоты, Гц	1
Пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты при работе от внутреннего опорного генератора	$\pm 2 \cdot 10^{-6}$
Полосы пропускания фильтров ПЧ, Гц	от 3 до 10^5
Диапазон установки уровня мощности выходного сигнала, дБ (1 мВт): - в диапазоне частот от 0,01 до 18 ГГц включ. - в диапазоне частот св. 18 до 40 ГГц	 от -50 до +10 от -50 до +7
Дискретность установки мощности выходного сигнала, дБ	0,1
Пределы допускаемой относительной погрешности установки уровня мощности выходного сигнала, дБ, в диапазоне: - от -50 до -20 дБ (1 мВт) включ. - св. -20 до +10 дБ (1 мВт)	 ±2,5 ±2,0
Диапазон измерений модуля коэффициента передачи[1)], в диапазоне частот, дБ - от 50 МГц до 40 ГГц	 от -80 до +30
Диапазон установки ослабления аттенюаторов источника сигнала, дБ	от 0 до 60
Шаг установки ослабления аттенюаторов источника сигнала, дБ	10
Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки ослабления аттенюаторов источника сигнала от номинального значения ослабления аттенюатора, дБ	±2,0
Диапазон установки ослабления аттенюаторов приемника сигнала, дБ	от 0 до 30
Шаг установки ослабления аттенюаторов приемника сигнала, дБ	10
Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки ослабления аттенюаторов приемника сигнала от номинального значения ослабления аттенюатора, дБ	±2,0
Диапазон измерений модуля коэффициента отражения[2)]	от 0 до 1
Уровень собственного шума приемников сигнала при полосе фильтра ПЧ 10 Гц, дБ (1 мВт), не более, в диапазоне частот: - от 50 до 125 МГц включ. - св. 125 до 500 МГц включ. - св. 500 МГц до 20 ГГц включ. - св. 20 ГГц до 40 ГГц	 -65 -85 -115 -110
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля коэффициента отражения двухполюсников ΔS^{II}_{11}, ΔS^{II}_{22}[2)3)] - в диапазоне частот от 10 МГц до 18 ГГц включ. - в диапазоне частот св. 18 до 32 ГГц включ.	 $\pm(0{,}011+0{,}008\cdot\lvert S_{11}\rvert+0{,}018\cdot\lvert S_{11}\rvert^2)$, $\pm(0{,}011+0{,}008\cdot\lvert S_{22}\rvert+0{,}018\cdot\lvert S_{22}\rvert^2)$ $\pm(0{,}014+0{,}011\cdot\lvert S_{11}\rvert+0{,}022\cdot\lvert S_{11}\rvert^2)$, $\pm(0{,}014+0{,}011\cdot\lvert S_{22}\rvert+0{,}022\cdot\lvert S_{22}\rvert^2)$

Продолжение таблицы 2

1	2
- в диапазоне частот св. 32 до 40 ГГц	$\pm(0{,}021+0{,}012\cdot\lvert S_{11}\rvert+0{,}025\cdot\lvert S_{11}\rvert^2)$, $\pm(0{,}021+0{,}012\cdot\lvert S_{22}\rvert+0{,}025\cdot\lvert S_{22}\rvert^2)$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля коэффициента отражения четырехполюсников ΔS_{11}, ΔS_{22} [2)3)] - в диапазоне частот от 10 МГц до 18 ГГц включ.	$\pm(0{,}011+0{,}008\cdot\lvert S_{11}\rvert+0{,}018\cdot\lvert S_{11}\rvert^2+$ $+0{,}014\cdot\lvert S_{21}\rvert\cdot\lvert S_{12}\rvert)$, $\pm(0{,}011+0{,}008\cdot\lvert S_{22}\rvert+0{,}018\cdot\lvert S_{22}\rvert^2+$ $+0{,}014\cdot\lvert S_{21}\rvert\cdot\lvert S_{12}\rvert)$
- в диапазоне частот св.18 до 32 ГГц включ.	$\pm(0{,}014+0{,}011\cdot\lvert S_{11}\rvert+0{,}022\cdot\lvert S_{11}\rvert^2+$ $+0{,}016\cdot\lvert S_{21}\rvert\cdot\lvert S_{12}\rvert)$, $\pm(0{,}014+0{,}011\cdot\lvert S_{22}\rvert+0{,}022\cdot\lvert S_{22}\rvert^2+$ $+0{,}016\cdot\lvert S_{21}\rvert\cdot\lvert S_{12}\rvert)$
- в диапазоне частот св. 32 до 40 ГГц	$\pm(0{,}021+0{,}012\cdot\lvert S_{11}\rvert+0{,}025\cdot\lvert S_{11}\rvert^2+$ $+0{,}018\cdot\lvert S_{21}\rvert\cdot\lvert S_{12}\rvert)$, $\pm(0{,}021+0{,}012\cdot\lvert S_{22}\rvert+0{,}025\cdot\lvert S_{22}\rvert^2+$ $+0{,}018\cdot\lvert S_{21}\rvert\cdot\lvert S_{12}\rvert)$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений фазы коэффициента отражения двухполюсников, градус	$\pm[0{,}5+(180/\pi)\cdot\arcsin(\Delta S^{II}_{11}/\lvert S_{11}\rvert)]$ $\pm[0{,}5+(180/\pi)\cdot\arcsin(\Delta S^{II}_{22}/\lvert S_{22}\rvert)]$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений фазы коэффициента отражения четырехполюсников, градус	$\pm[0{,}5+(180/\pi)\cdot\arcsin(\Delta S_{11}/\lvert S_{11}\rvert)]$ $\pm[0{,}5+(180/\pi)\cdot\arcsin(\Delta S_{22}/\lvert S_{22}\rvert)]$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля коэффициента передачиΔS_{21}, ΔS_{12}, дБ [2)3)4)] - в диапазоне частот от 50 МГц до 18 ГГц включ.	$\pm 20\cdot\lg(1-(0{,}02+0{,}014\cdot\lvert S_{11}\rvert+$ $+0{,}014\cdot\lvert S_{22}\rvert+(5/2)^N\cdot 5\cdot 10^{-6}\cdot\lvert S_{21}\rvert^{-1}))$, $\pm 20\cdot\lg(1-(0{,}02+0{,}014\cdot\lvert S_{22}\rvert+$ $+0{,}014\cdot\lvert S_{11}\rvert+(5/2)^N\cdot 5\cdot 10^{-6}\cdot\lvert S_{12}\rvert^{-1}))$
- в диапазоне частот св. 18 до 32 ГГц включ.	$\pm 20\cdot\lg(1-(0{,}025+0{,}016\cdot\lvert S_{11}\rvert+$ $+0{,}016\cdot\lvert S_{22}\rvert+(5/2)^N\cdot 5\cdot 10^{-6}\cdot\lvert S_{21}\rvert^{-1}))$, $\pm 20\cdot\lg(1-(0{,}025+0{,}016\cdot\lvert S_{22}\rvert+$ $+0{,}016\cdot\lvert S_{11}\rvert+(5/2)^N\cdot 5\cdot 10^{-6}\cdot\lvert S_{12}\rvert^{-1}))$
- в диапазоне частот св. 32 до 40 ГГц	$\pm 20\cdot\lg(1-(0{,}035+0{,}018\cdot\lvert S_{11}\rvert+$ $+0{,}018\cdot\lvert S_{22}\rvert+(5/2)^N\cdot 5\cdot 10^{-6}\cdot\lvert S_{21}\rvert^{-1}))$, $\pm 20\cdot\lg(1-(0{,}035+0{,}018\cdot\lvert S_{22}\rvert+$ $+0{,}018\cdot\lvert S_{11}\rvert+(5/2)^N\cdot 5\cdot 10^{-6}\cdot\lvert S_{12}\rvert^{-1}))$

Продолжение таблицы 2

1	2
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений фазы коэффициента передачи, градус: - в диапазоне частот от 50 МГц до 18 ГГц включ. - в диапазоне частот св. 18 до 32 ГГц включ. - в диапазоне частот св. 32 до 40 ГГц	 $\pm [1+ (180/\pi) \cdot \arcsin(1-10^{\Delta S21/20})]$ $\pm [1+ (180/\pi) \cdot \arcsin(1-10^{\Delta S12/20})]$ $\pm [1,5+ (180/\pi) \cdot \arcsin(1-10^{\Delta S21/20})]$ $\pm [1,5+ (180/\pi) \cdot \arcsin(1-10^{\Delta S12/20})]$ $\pm [3+ (180/\pi) \cdot \arcsin(1-10^{\Delta S21/20})]$ $\pm [3+ (180/\pi) \cdot \arcsin(1-10^{\Delta S12/20})]$
Параметры измерительных портов нескорректированные	
Модуль коэффициента отражения в режиме источника сигнала, в диапазоне частот, дБ, не более: - от 50 МГц до 21 ГГц включ. - св. 21 до 40 ГГц	 -10 -7
Модуль коэффициента отражения в режиме приемника сигнала в диапазоне частот, дБ, не более: - от 10 МГц до 21 ГГц включ. - св. 21 до 40 ГГц	 -10 -7
Направленность, дБ, не более	-12

Примечания:

1) Диапазон и погрешность измерений модуля коэффициента передачи от плюс 10 до плюс 30 дБ обеспечивается после выполнения полной двухпортовой калибровки и установленном аттенюаторе на входе измерительного приемника 30 дБ. Нижний предел диапазона измерений модуля коэффициента передачи зависит от диапазона частот и установленной полосы пропускания фильтра ПЧ и определяется по формуле:

$|S_{12}|_{мин}$ или $|S_{21}|_{мин} = P_{шум.} + 16 - P_{вых.}$, дБ; где $P_{шум.}$ - уровень собственного шума приемников, $P_{вых.}$ - уровень мощности выходного сигнала.

2) Погрешности нормируются в диапазоне модуля коэффициента отражения $|S_{11}|$ или $|S_{22}|$ от 0,012 до 0,998 и полосе пропускания фильтра ПЧ от 10 Гц до 1 кГц.

3) $|S_{11}|$, $|S_{12}|$, $|S_{21}|$ и $|S_{22}|$ – модули S-параметров измеряемого устройства, отн. ед.

4) N = 0 при полосе пропускания фильтра ПЧ $\Delta f_{ПЧ}$ =10 Гц; N = 1 при $\Delta f_{ПЧ}$ = 100 Гц; N = 2 при $\Delta f_{ПЧ}$ = 1000 Гц; N = 3 при $\Delta f_{ПЧ}$ = 10000 Гц.

Таблица 3 - Основные технические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Количество измерительных портов, шт.	2
Волновое сопротивление измерительных портов, Ом	50
Максимальная мощность входного сигнала на измерительных портах, дБ (1 мВт)	24
Тип коаксиальных соединителей измерительных портов	NMD 2,4 мм, вилка
Параметры электрического питания: - напряжение переменного тока, В - частота переменного тока, Гц	 220 ± 22 50
Потребляемая мощность, В·А, не более	350
Габаритные размеры измерительного блока (ширина×высота×глубина), мм, не более	390 × 205 × 391
Масса измерительного блока, кг, не более	18
Степень защиты по ГОСТ 14254-2015	IP 20
Рабочие условия эксплуатации: - температура окружающей среды, °С - относительная влажность воздуха, при температуре +25 °С, %, не более - атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.)	 от +15 до +35 85 от 70 до 106,7 (от 537 до 800)
Время установления рабочего режима, ч, не более	1
Показатели надежности: - средний срок службы, лет, не менее - средняя наработка на отказ, ч, не менее	 5 10 000

Знак утверждения типа

наносится на лицевую панель анализаторов цепей векторных в левом верхнем углу (рисунок 1) и титульный лист руководства по эксплуатации ЖНКЮ.468166.039 РЭ в правом верхнем углу с применением печатающих и графических устройств вывода ЭВМ.

Комплектность средства измерений

Таблица 4 – Комплектность средства измерений

Наименование	Обозначение	Количество	Примечание
1	2	3	4
Анализатор цепей векторный Р4М-40	ЖНКЮ.468151.039	1 шт.	
Компьютер персональный	ЖНКЮ.468382.015	1 шт.	
Кабель КСФ50-05РН-05Н-700 Кабель КСФ50-05РН-05Н-1000	ЖНКЮ.685671.123 ЖНКЮ.685671.123-01	2 шт. 1 (2) шт.	количество и тип определяется при заказе
Набор калибровочных мер НКММ-05-05Р	ЖНКЮ.468955.012	-	по отдельному заказу
Ключ тарированный КТ-3	ЖНКЮ.296442.001-02	1 шт.	размер зева 20 мм
Ключ поддерживающий КП-3	ЖНКЮ.764431.011	1 шт.	размер зева 19 мм
Программа управления Graphit P4M	ЖНКЮ.02052-01	1 экз.	поставляется на цифровом носителе
Кабель Ethernet	ЖНКЮ.685611.077	1 шт.	патч-корд *Cat.5e* или аналог

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4
Кабель питания	ЖНКЮ.685631.067	1 шт.	вилка стандарт C 2b по ГОСТ 7396.1 (евростандарт с заземляющим проводником)
Упаковка	ЖНКЮ.468916.016	1 шт.	
Методика поверки	РТ-МП-6421-441-2020	1 экз.	
Формуляр	ЖНКЮ.468166.039 ФО	1 экз.	
Руководство по эксплуатации	ЖНКЮ.468166.039 РЭ	1 экз.	

Поверка
осуществляется по документу РТ-МП-6421-441-2020 «ГСИ. Анализаторы цепей векторные Р4М-40. Методика поверки», утвержденному ФБУ «Ростест - Москва» 22.04.2020 г.

Основные средства поверки:

- комплект измерителей присоединительных размеров КИПР-05Р-05 (регистрационный номер в Федеральном информационном фонде 68805-17),
- анализатор спектра E4448A (регистрационный номер в Федеральном информационном фонде 39229-08);
- ваттметр N1913A с преобразователями 8487D и 8487A (регистрационный номер в Федеральном информационном фонде 44731-10) и преобразователем E9304A-H18 (регистрационный номер в Федеральном информационном фонде 57387-14);
- набор калибровочных мер НКММ-05-05Р (регистрационный номер в Федеральном информационном фонде 63453-16);
- набор мер Н3М-05 (регистрационный номер в Федеральном информационном фонде 70750-18);
-аттенюатор ступенчатый RSC (регистрационный номер в Федеральном информационном фонде 48368-11).

Допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемых средств измерений с требуемой точностью.

Знак поверки наносится на свидетельство о поверке

Сведения о методиках (методах) измерений
приведены в эксплуатационном документе.

Нормативные и технические документы, устанавливающие требования к анализаторам цепей векторным Р4М-40

ГОСТ 22261-94 Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия

ГОСТ Р 8.813-2013 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений волнового сопротивления, комплексных коэффициентов отражения и передачи в коаксиальных волноводах в диапазоне частот от 0,01 до 65 ГГц

ЖНКЮ.468166.039 ТУ Анализатор цепей векторный Р4М-40. Технические условия

Изготовитель

Акционерное общество «Научно-производственная фирма «Микран» (АО «НПФ «Микран»)

ИНН 7017211757

Адрес: 634041, г. Томск, просп. Кирова, д. 51д

Телефон: +7 (3822) 90-00-29, 41-34-03

Факс: +7 (3822) 42-36-15

E-mail: mic@micran.ru

Web-сайт: www.micran.ru

Испытательный центр:

Федеральное бюджетное учреждение «Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в г. Москве и Московской области»

(ФБУ «Ростест-Москва»)

Адрес: 117418, г. Москва, Нахимовский проспект, д. 31

Телефон: +7 (495) 544-00-00

Web-сайт: http://www.rostest.ru

Регистрационный номер RA.RU.310639 в Реестре аккредитованный лиц в области обеспечения единства измерений Росаккредитации.

Заместитель
Руководителя Федерального
агентства по техническому
регулированию и метрологии А.В. Кулешов

М.п. « ___ » _____ 2020 г.