

УТВЕРЖДЕНО
приказом Федерального агентства
по техническому регулированию
и метрологии
от «29» января 2025 г. № 186

Регистрационный № 94495-25

Лист № 1
Всего листов 14

ОПИСАНИЕ ТИПА СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Анализаторы цепей векторные Р4226А

Назначение средства измерений

Анализаторы цепей векторные Р4226А предназначены для измерений комплексных коэффициентов передачи и отражения (S-параметров) двухполюсников и четырехполюсников в коаксиальных волноводах с диаметрами поперечных сечений 3,5/1,52 мм; 7,0/3,04 мм; и в прямоугольных волноводах с сечениями 11×5,5, 16×8, 23×10, 28,5×12,6, 35×15, 40×20, 48×24, 58×25, 72×34 мм; а также для измерения коэффициента шума активных четырехполюсных устройств в коаксиальном тракте 3,5/1,52 мм.

Описание средства измерений

Анализаторы цепей векторные Р4226А (далее – АЦ) поддерживают следующие основные виды измерений: измерение S-параметров и измерение коэффициента шума (далее – КШ).

Принцип действия АЦ при измерении S-параметров 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, формирование напряжений, пропорциональных этим сигналам, и дальнейшего дискретного преобразования этих напряжений с целью цифровой обработки и индикации измеряемых величин. АЦ имеет два измерительных порта с волновым сопротивлением 50 Ом. Выделение измерительных сигналов производится с помощью направленных ответвителей. Принцип измерения КШ основан на измерении модуля коэффициента передачи исследуемого четырехполюсника и спектральной плотности мощности шумового радиоизлучения на его выходе, приведенной к его входу и выраженной в масштабе единиц $k \cdot T_0$, где k – постоянная Больцмана, а $T_0 = 293$ К. Измерение КШ проводится с помощью генератора шума (не входит в комплект поставки АЦ).

АЦ совмещают в себе синтезированный источник сигнала, измеритель S-параметров и настраиваемый приемник в одном корпусе. В состав АЦ входят: синтезатор частот, две пары направленных ответвителей, два опорных и два измерительных приемника, блок сбора данных и управления, источник питания, а также плата приемника шумового сигнала, подключаемая ко второму порту АЦ, при измерении КШ.

АЦ поддерживает виды пользовательской калибровки для измерений S-параметров:

- однопортовая SOLT-калибровка;
- двухпортовая SOLT-калибровка в одном направлении;
- полная двухпортовая SOLT-калибровка;
- калибровка частотной неравномерности по отражению (скалярная калибровка для измерения КО);

- калибровка частотной неравномерности на проход (скалярная калибровка для измерения КП);
- калибровка для измерений частотно-преобразующих устройств;
полная двухпортовая TRL (либо TRM, или LRL, или LRM – в зависимости от состава выбранного калибровочного набора).

АЦ выполняются в двух вариантах корпусов. Внешний вид АЦ в двух вариантах корпусов с обозначением мест нанесения знака утверждения типа, знака поверки, заводского номера, состоящего из десяти арабских цифр, и защиты от несанкционированного доступа в виде пломбирования представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Внешний вид АЦ Р4226А: а) и в) передняя панель; б) и г) задняя панель

Программное обеспечение

АЦ работают под управлением внешнего персонального компьютера (далее – ПК) с установленным программным обеспечением Graphit (далее – ПО), которое проводит обработку информации, выполняет ряд вычислительных функций и обеспечивает различные варианты отображения результатов измерений. Для связи с ПК используется интерфейс *Ethernet*.

Для работы ПО необходим ПК, удовлетворяющий следующим минимальным требованиям:

- операционная система *Windows® 7/8/10/11, AstraLinuxCE 2.12.45, UbuntuLTS 22.04*;
- двухъядерный процессор x86 или x64 с тактовой частотой 2,4 ГГц;
- наличие адаптера локальной сети – *Ethernet 100 Мбит/с*;
- встроенный графический адаптер серии *Intel® HDGraphics 4000*, либо дискретный с объёмом видеопамати 512 МБ;
- оперативная память 2 ГБ;
- разрешение экрана 1280× 720;
- наличие клавиатуры и мыши, либо устройство сенсорного ввода;
- 80 МБ свободного места на жёстком диске.

ПО реализовано без выделения метрологически значимой части.

Влияние ПО не приводит к выходу метрологических характеристик АЦ за пределы допускаемых значений.

Уровень защиты ПО от непреднамеренных и преднамеренных изменений в соответствии с Р 50.2.077-2014 «низкий».

Идентификационные данные 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	от 2.6.33 до 2.6.99
Цифровой идентификатор ПО	-

Метрологические и технические характеристики

Метрологические и технические характеристики АЦ приведены в таблицах 2–6.

Таблица 2 – Основные метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение характеристики
Диапазон рабочих частот, МГц: - при работе в коаксиальном волноводе - при работе в прямоугольном волноводе 72×34 мм - при работе в прямоугольном волноводе 58×25 мм - при работе в прямоугольном волноводе 48×24 мм - при работе в прямоугольном волноводе 40×20 мм - при работе в прямоугольном волноводе 35×15 мм - при работе в прямоугольном волноводе 28,5×12,6 мм - при работе в прямоугольном волноводе 23×10 мм	- от 10 до 26500 - от 2590 до 3940 - от 3200 до 4800 - от 3940 до 5640 - от 4800 до 6850 - от 5640 до 8150 - от 6850 до 9930 - от 8150 до 12050

Продолжение таблицы 2

Наименование характеристики	Значение характеристики
- при работе в прямоугольном волноводе 16×8 мм - при работе в прямоугольном волноводе 11×5,5 мм	от 12050 до 17440 от 17440 до 25950
Пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты выходного сигнала	$\pm 2 \cdot 10^{-6}$
Диапазон установки уровня выходной мощности, дБ/мВт ¹⁾ Для ПОРТ 1 - в диапазоне частот от 10,0 МГц до 26,5 ГГц включ. Для ПОРТ 2 - в диапазоне частот от 10 МГц до 100 МГц включ. - в диапазоне частот св. 100 МГц до 24 ГГц включ. - в диапазоне частот св. 24,0 ГГц до 26,5 ГГц включ.	от -50 до 10 от -50 до 3 от -50 до 10 от -50 до 7
Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки уровня выходной мощности, дБ: - при уровне мощности от минус 20 дБ/мВт до 10 дБ/мВт - при уровне мощности менее минус 20 дБ/мВт	$\pm 1,0$ $\pm 1,5$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения уровня входной мощности (для диапазона установки уровня выходной мощности), дБ	$\pm 1,5$
Диапазон ослаблений аттенюаторов измерительных приемников (с шагом 10 дБ), дБ	от 0 до 30
Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки величины ослабления аттенюаторов измерительных приемников, дБ	$\pm 2,0$
Средний уровень собственного шума приемников в диапазоне частот, дБ/мВт в полосе 1 Гц, не более: для ПОРТ 1 - в диапазоне частот от 10 МГц до 50 МГц включ. - в диапазоне частот св. 50 МГц до 200 МГц включ. - в диапазоне частот св. 200 МГц до 500 МГц включ. - в диапазоне частот св. 500 МГц до 1 ГГц включ. - в диапазоне частот св. 1,00 ГГц до 13,25 ГГц включ. - в диапазоне частот св. 13,25 ГГц до 26,50 ГГц включ. для ПОРТ 2 - в диапазоне частот от 10 МГц до 50 МГц включ. - в диапазоне частот св. 50 МГц до 200 МГц включ. - в диапазоне частот св. 200 МГц до 500 МГц включ. - в диапазоне частот св. 500 МГц до 1 ГГц включ. - в диапазоне частот св. 1,00 ГГц до 13,25 ГГц включ. - в диапазоне частот св. 13,25 ГГц до 26,50 ГГц включ.	-80 -100 -120 -125 -127 -132 -80 -100 -120 -125 -125 -127
Диапазон измерений модуля коэффициента отражения	от 0 до 1

Продолжение таблицы 2

Наименование характеристики	Значение характеристики
Диапазон измерений модуля коэффициента передачи, дБ²⁾ для ПОРТ 1 - в диапазоне частот от 10 МГц до 50 МГц включ. - в диапазоне частот св. 50 МГц до 200 МГц включ. - в диапазоне частот св. 200 МГц до 500 МГц включ. - в диапазоне частот св. 500 МГц до 1 ГГц включ. - в диапазоне частот св. 1,00 ГГц до 13,25 ГГц включ. - в диапазоне частот св. 13,25 ГГц до 26,50 ГГц включ. для ПОРТ 2 - в диапазоне частот от 10 МГц до 50 МГц включ. - в диапазоне частот св. 50 МГц до 200 МГц включ. - в диапазоне частот св. 200 МГц до 500 МГц включ. - в диапазоне частот св. 500 МГц до 1 ГГц включ. - в диапазоне частот св. 1,00 ГГц до 13,25 ГГц включ. - в диапазоне частот св. 13,25 ГГц до 26,50 ГГц включ.	от -70 до 80 от -90 до 80 от -110 до 80 от -115 до 80 от -117 до 80 от -122 до 80 от -70 до 80 от -90 до 80 от -110 до 80 от -115 до 80 от -115 до 80 от -117 до 80
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля коэффициента отражения (КО) ³⁾⁴⁾	см. таблицу 3
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений фазы КО ³⁾⁴⁾	
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля коэффициента передачи (КП) в диапазоне измерений модуля КП от минус 70 до 0 дБ ³⁾⁴⁾	см. таблицу 4
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений фазы КП в диапазоне измерений модуля коэффициента передачи от минус 70 до 0 дБ ³⁾⁴⁾	
Среднеквадратическое значение шумов измерительной трассы при измерении модуля коэффициента передачи и коэффициента отражения,⁵⁾ при выходной мощности 0 дБ/мВт и полосе фильтра ПЧ 1 кГц, дБ, не более: - в диапазоне частот от 10 МГц до 100 МГц включ. - в диапазоне частот св. 100 МГц до 26,5 ГГц включ.	0,01 0,004
Измерение коэффициента шума (КШ):	
Диапазон суммы $S_0 = (KШ [дБ] + S_{21} [дБ])$ исследуемого устройства (ИУ), при $ S_{21} \geq 4,5$ дБ ⁶⁾	от 5 до 40
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений КШ (для ИУ с КСВН не более 1,7) в диапазоне от 0,1 до 26,5 ГГц, избыточная относительная шумовая температура (ИОШТ) генератора шума (ГШ) 15 дБ в зависимости от пределов погрешности (ПГ) ИОШТ ГШ, дБ ⁴⁾⁷⁾⁸⁾	см. таблицу 5
КСВН входа порта 2 при измерении КШ в диапазоне от 0,1 до 26,5 ГГц, не более	2,35

Продолжение таблицы 2

Наименование характеристики	Значение характеристики
¹⁾ Сокращение дБ/мВт обозначает уровень мощности в дБ относительно 1 мВт. ²⁾ Для КП>0 дБ понимается коэффициент усиления активных устройств, который может быть обеспечен путем изменения выходной мощности АЦ до минус 50 дБм/мВт и установки ослабления аттенюатора приемника АЦ до 30 дБ. При этом для 0 дБ<КП≤50 дБ, ПГ КП будет соответствовать КП из таблицы 4, равного сумме значений выходной мощности ПОРТ 1 и коэффициента усиления ИУ, минус установленное ослабление аттенюатора приемника (т.е. требуется обеспечить уровень измеряемой мощности, соответствующий условиям, указанным в сноске ³⁾). Например, для коэффициента усиления 20, Рвых = минус 20, включенных аттенюаторов приемников 10 дБ, ПГ КП будет соответствовать таблице 4 для КП = минус 10 дБ. ³⁾ Диапазоны и пределы погрешностей измерений коэффициентов передачи и отражения нормируется в полосе пропускания фильтра ПЧ 100 Гц и приведены при уровне выходной мощности источника сигнала 0 дБ/мВт, при ослаблении аттенюаторов приемников 0 дБ, 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), с использованием: - наборов калибровочных мер для коаксиальных волноводов, указанных в таблице 8, (для наборов в тракте с поперечным сечением 7,0/3,04 мм значения погрешностей в таблицах 3 и 4 справедливы только до 18 ГГц включительно); допускается использование других наборов с такими же метрологическими характеристиками или лучше; - калибратора электронного, указанного в таблице 8; - набора калибровочных мер для прямоугольного волновода, указанного в таблице 8 (только двухпортовая калибровка). ⁴⁾ Значения погрешностей приведены для наборов калибровочных мер (НКММ), калибраторов электронных (ЭК) и наборов калибровочных мер прямоугольных волноводов (НКМВ) из состава АЦ. ⁵⁾ Определяется при соединении измерительных портов кабелем СВЧ и при подключении к измерительным портам короткозамкнутых нагрузок. ⁶⁾ Нижняя граница достигается при фильтре разрешения не менее 15 МГц, верхняя – не более 3 МГц; данные получены для усреднения в приборе 100 на гармоническом сигнале. ⁷⁾ При температуре окружающей среды 25 °С; без учета зависимости собственного шума АЦ и ИУ от входного импеданса и отличия КСВН ГШ от 1; при использовании механического набора мер для калибровки S-параметров и ГШ с номинальным ИОШТ 15 дБ; измерение КСВН, необходимых для расчета указанных пределов погрешности, проводится на порту АЦ без использования кабеля с помощью однопортовой калибровки. ⁸⁾ При обеспечении входной мощности порта 2 АЦ минус 10 дБ/мВт во время измерения S-параметров (это достигается, например, регулировкой выходной мощности порта 1 АЦ, либо использованием аттенюаторов приемника от 10 до 30 дБ).	

Таблица 3 – Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля КО $\Delta|S_{xx}|$ и фазы КО $\Delta\Phi_{xx}$

Наборы мер	$ K_O $, отн. ед.	Диапазон частот, ГГц					
		$\Delta S_{xx} $, отн. ед. ¹⁾			$\Delta \Phi_{xx}$, градус ¹⁾		
		от 0,01 до 0,10 ГГц невкл.	от 0,1 до 18 ГГц вкл.	свыше 18 ГГц	от 0,01 до 0,10 ГГц невкл.	от 0,1 до 18 ГГц вкл.	свыше 18 ГГц
Набор калибровочных мер НКММ	0,0	±0,025	±0,011	±0,014	±180,00	±180,00	±180,00
	0,1	±0,023	±0,011	±0,015	±14,38	±6,95	±9,02
	0,2	±0,021	±0,012	±0,016	±7,21	±3,99	±5,04
	0,3	±0,020	±0,013	±0,017	±4,91	±3,03	±3,77
	0,4	±0,019	±0,015	±0,019	±3,81	±2,58	±3,16
	0,6	±0,018	±0,018	±0,022	±2,81	±2,18	±2,62
	0,8	±0,018	±0,021	±0,027	±2,41	±2,04	±2,41
	1,0	±0,020	±0,026	±0,032	±2,25	±1,99	±2,33
ЭК	0,0	±0,028	±0,026	±0,037	±180,00	±180,00	±180,00
	0,1	±0,042	±0,023	±0,034	±27,02	±16,64	±24,18
	0,2	±0,053	±0,021	±0,032	±17,93	±9,36	±13,52
	0,3	±0,063	±0,020	±0,031	±14,64	±7,15	±10,25
	0,4	±0,071	±0,020	±0,031	±12,75	±6,18	±8,77
	0,6	±0,082	±0,023	±0,034	±10,36	±5,49	±7,58
	0,8	±0,086	±0,030	±0,042	±8,64	±5,41	±7,28
	1,0	±0,082	±0,040	±0,053	±7,20	±5,59	±7,34
Наборы мер	$ K_O $, отн. ед.	Волноводные тракты					
		$\Delta S_{xx} $, отн.ед. ¹⁾			$\Delta \Phi_{xx}$, градус ¹⁾		
		16×8; 23×10; 28,5×12,6; 35×15; 40×20; 48×24; 58×25; 72×34 (от $f_H^{\min}$ до $f_B^{\max})^{2)}$	11×5,5 (от $f_H^{\min}$ до $f_B^{\max})^{2)}$		16×8; 23×10; 28,5×12,6; 35×15; 40×20; 48×24; 58×25; 72×34 (от $f_H^{\min}$ до $f_B^{\max})^{2)}$	11×5,5 (от $f_H^{\min}$ до $f_B^{\max})^{2)})$	
НКМБ ²⁾	0,0	±0,009	±0,009		±180,00		±180,00
	0,1	±0,010	±0,010		±7,66		±7,92
	0,2	±0,011	±0,012		±5,16		±5,30
	0,3	±0,012	±0,013		±4,35		±4,46
	0,4	±0,014	±0,014		±3,98		±4,07
	0,6	±0,017	±0,018		±3,65		±3,73
	0,8	±0,022	±0,022		±3,54		±3,61
	1,0	±0,026	±0,028		±3,51		±3,58

¹⁾Значения $\Delta |S_{xx}|$ и $\Delta \Phi_{xx}$ приведены при условии $S_{yx} = S_{xy} = 0$ отн. ед. Для значений КО, не указанных в данной таблице, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\Delta |S_{xx}|$ в отн. ед. и $\Delta \Phi_{xx}$ в градусах допускается определять, пользуясь аппроксимациями в диапазонах частот по формулам:

Продолжение таблицы 3

для НКММ							
от 0,01 до 0,1 ГГц невлк.: $\Delta S_{xx} = \pm(0,025 - 0,022 \cdot S_{xx} + 0,017 \cdot S_{xx} ^2)$;							
$\Delta\Phi_{xx} = \pm(1,1 + (180/\pi) \cdot \arcsin(\Delta S_{xx} \text{ [отн. ед.]} / S_{xx} \text{ [отн. ед.]})$);							
от 0,1 до 18 ГГц: $\Delta S_{xx} = \pm(0,0105 + 0,0065 \cdot S_{xx} + 0,009 \cdot S_{xx} ^2)$;							
$\Delta\Phi_{xx} = \pm(0,5 + (180/\pi) \cdot \arcsin(\Delta S_{xx} \text{ [отн. ед.]} / S_{xx} \text{ [отн. ед.]})$);							
свыше 18 ГГц: $\Delta S_{xx} = \pm(0,014 + 0,007 \cdot S_{xx} + 0,011 \cdot S_{xx} ^2)$;							
$\Delta\Phi_{xx} = \pm(0,5 + (180/\pi) \cdot \arcsin(\Delta S_{xx} \text{ [отн. ед.]} / S_{xx} \text{ [отн. ед.]})$);							
для ЭК							
от 0,01 до 0,1 ГГц невлк.: $\Delta S_{xx} = \pm(0,028 + 0,144 \cdot S_{xx} - 0,090 \cdot S_{xx} ^2)$;							
$\Delta\Phi_{xx} = \pm(2,5 + (180/\pi) \cdot \arcsin(\Delta S_{xx} \text{ [отн. ед.]} / S_{xx} \text{ [отн. ед.]})$);							
от 0,1 до 18 ГГц: $\Delta S_{xx} = \pm(0,026 - 0,034 \cdot S_{xx} + 0,048 \cdot S_{xx} ^2)$;							
$\Delta\Phi_{xx} = \pm(3,3 + (180/\pi) \cdot \arcsin(\Delta S_{xx} \text{ [отн. ед.]} / S_{xx} \text{ [отн. ед.]})$);							
свыше 18 ГГц: $\Delta S_{xx} = \pm(0,037 - 0,035 \cdot S_{xx} + 0,051 \cdot S_{xx} ^2)$;							
$\Delta\Phi_{xx} = \pm(4,3 + (180/\pi) \cdot \arcsin(\Delta S_{xx} \text{ [отн. ед.]} / S_{xx} \text{ [отн. ед.]})$);							
для НКМВ							
в трактах 16×8; 23×10; 28,5×12,6; 35×15; 40×20; 48×24; 58×25; 72×34:							
$\Delta S_{xx} = \pm(0,0089 + 0,0088 \cdot S_{xx} + 0,0087 \cdot S_{xx} ^2)$;							
в тракте 11×5,5: $\Delta S_{xx} = \pm(0,0093 + 0,0092 \cdot S_{xx} + 0,0091 \cdot S_{xx} ^2)$;							
во всех трактах для НКМВ:							
$\Delta\Phi_{xx} = \pm(2 + (180/\pi) \cdot \arcsin(\Delta S_{xx} \text{ [отн. ед.]} / S_{xx} \text{ [отн. ед.]})$);							
где $ S_{xx} $ – измеренное на АЦ значение или модуля S-параметра $ S_{11} $, или модуля $ S_{22} $, отн. ед.							
2) $f_{\text{н}}^{\text{min}}$, $f_{\text{в}}^{\text{max}}$ – соответственно нижняя и верхняя рабочие частоты для							
прямоугольных волноводов. Значения погрешностей для НКМВ даны только в							
диапазонах рабочих частот от $f_{\text{н}}^{\text{min}}$ до $f_{\text{в}}^{\text{max}}$ соответствующих прямоугольных волноводов.							

Таблица 4 – Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля КП $\Delta|S_{yx}|$ и фазы КП $\Delta\Phi_{yx}$ в диапазоне измерений модуля коэффициента передачи от минус 70 до 0 дБ

Наборы мер	КП , дБ	Диапазон частот, ГГц					
		$\Delta S_{yx} $, дБ ¹⁾			$\Delta\Phi_{yx}$, градус ¹⁾		
		от 0,01 до 0,10 ГГц невлк.	от 0,1 до 18 ГГц вкл.	свыше 18 ГГц	от 0,01 до 0,10 ГГц невлк.	от 0,1 до 18 ГГц вкл.	свыше 18 ГГц
Набор калибровочных мер НКММ	0	±0,97	±0,10	±0,15	±6,92	±1,24	±2,02
	-10	±0,99	±0,11	±0,17	±7,08	±1,31	±2,10
	-20	±1,03	±0,12	±0,19	±7,29	±1,42	±2,24
	-30	±1,07	±0,15	±0,22	±7,59	±1,58	±2,43
	-40	±1,14	±0,18	±0,26	±8,02	±1,81	±2,72
	-50	±1,22	±0,24	±0,33	±8,60	±2,16	±3,15

Продолжение таблицы 4

Наборы мер	КП , дБ	Диапазон частот, ГГц					
		$\Delta S_{yx} $, дБ ¹⁾			$\Delta\Phi_{yx}$, градус ¹⁾		
		от 0,01 до 0,10 ГГц невл.	от 0,1 до 18 ГГц вкл.	свыше 18 ГГц	от 0,01 до 0,10 ГГц невл.	от 0,1 до 18 ГГц вкл.	свыше 18 ГГц
ЭК	-60	±1,35	±0,31	±0,42	±9,42	±2,67	±3,78
	-70	±1,52	±0,43	±0,56	±10,56	±3,41	±4,70
	0	±1,15	±0,33	±0,33	±19,63	±2,85	±4,26
	-10	±1,23	±0,33	±0,33	±20,12	±2,87	±4,27
	-20	±1,34	±0,33	±0,33	±20,85	±2,89	±4,30
	-30	±1,50	±0,34	±0,34	±21,97	±2,94	±4,36
	-40	±1,75	±0,35	±0,36	±23,65	±3,04	±4,48
	-50	±2,13	±0,38	±0,39	±26,16	±3,22	±4,69
	-60	±2,67	±0,44	±0,46	±29,87	±3,57	±5,10
	-70	±3,43	±0,54	±0,57	±35,28	±4,23	±5,88
НКМВ ²⁾	Диапазон частот, ГГц						
	КП , дБ	$\Delta S_{yx} $, дБ ¹⁾			$\Delta\Phi_{yx}$, градус ¹⁾		
		(от $f_{\text{H}}^{\text{min}}$ до $f_{\text{B}}^{\text{max}}$) ²⁾			(от $f_{\text{H}}^{\text{min}}$ до $f_{\text{B}}^{\text{max}}$) ²⁾		
	0	±0,14			±1,49		
	-10	±0,16			±1,57		
	-20	±0,18			±1,71		
	-30	±0,21			±1,93		
	-40	±0,26			±2,27		
	-50	±0,34			±2,82		
	-60	±0,48			±3,70		
	-70	±0,69			±5,07		

¹⁾Значения $\Delta|S_{yx}|$ указаны при условии $S_{xx} = S_{yy} = 0$ отн. ед., $S_{yx} = S_{xy}$ при $S_{yx} < 1$ отн. ед. и $S_{yx} = 1/S_{xy}$ при $S_{yx} > 1$ отн. ед. Для значений КП, не указанных в данной таблице, пределы погрешностей $\Delta|S_{yx}|$ в дБ и $\Delta\Phi_{yx}$ в градусах допускается определять, пользуясь аппроксимациями в диапазонах частот по формулам:

для НКММ

от 0,01 до 0,1 ГГц невл.:

$$\Delta|S_{yx}| = \pm 20 \cdot \lg(1,111 + 0,014 \cdot (|S_{xx}| [\text{отн. ед.}] + |S_{yy}| [\text{отн. ед.}] + 0,00735 \cdot 10^{-0,0148 \cdot |S_{yx}| [\text{дБ}]});$$

$$\Delta\Phi_{yx} = \pm(0,5 + (180/\pi) \cdot \arcsin(|\Delta S_{yx}| \cdot [\text{дБ}] \cdot \ln(10)/20));$$

от 0,1 до 18 ГГц:

$$\Delta|S_{yx}| = \pm 20 \cdot \lg(1,0085 + 0,014 \cdot (|S_{xx}| [\text{отн. ед.}] + |S_{yy}| [\text{отн. ед.}]) + 0,0027 \cdot 10^{-0,0170 \cdot |S_{yx}| [\text{дБ}]});$$

$$\Delta\Phi_{yx} = \pm(0,6 + (180/\pi) \cdot \arcsin(|\Delta S_{yx}| \cdot [\text{дБ}] \cdot \ln(10)/20));$$

свыше 18 ГГц:

$$\overline{\Delta|S_{yx}|} = \pm 20 \cdot \lg(1,0147 + 0,0140 \cdot (|S_{xx}| [\text{отн. ед.}] + |S_{yy}| [\text{отн. ед.}]) + 0,0032 \cdot 10^{-0,0173 \cdot |S_{yx}| [\text{дБ}]});$$

$$\Delta\Phi_{yx}=\pm(1,0+(180/\pi)\cdot\arcsin(|\Delta|S_{yx}| \text{ [дБ]}\cdot\ln(10)/20));$$

для ЭК

Продолжение таблицы 4

<u>от 0,01 до 0,1 ГГц невл.</u>		
$\Delta S_{yx} $	$= \pm 20 \cdot \lg(1,1240 + 0,0140 \cdot (S_{xx} \text{ [отн. ед.] + } S_{yy} \text{ [отн. ед.]}) + 0,0180 \cdot 10^{-0,0186 \cdot S_{yx} \text{ [дБ]}});$	
$\Delta\Phi_{yx}$	$= \pm (12 + (180/\pi) \cdot \arcsin(\Delta S_{yx} \text{ [дБ]} \cdot \ln(10)/20));$	
<u>от 0,1 до 18 ГГц:</u>		
$\Delta S_{yx} $	$= \pm 20 \cdot \lg(1,038 + 0,014 \cdot (S_{xx} \text{ [отн. ед.] + } S_{yy} \text{ [отн. ед.]}) + 0,028 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-0,028 \cdot S_{yx} \text{ [дБ]}});$	
$\Delta\Phi_{yx}$	$= \pm (0,7 + (180/\pi) \cdot \arcsin(\Delta S_{yx} \text{ [дБ]} \cdot \ln(10)/20));$	<u>свыше 18 ГГц:</u>
$\Delta S_{yx} $	$= \pm 20 \cdot \lg(1,038 + 0,014 \cdot (S_{xx} \text{ [отн. ед.] + } S_{yy} \text{ [отн. ед.]}) + 0,033 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-0,028 \cdot S_{yx} \text{ [дБ]}});$	
$\Delta\Phi_{yx}$	$= \pm (2,1 + (180/\pi) \cdot \arcsin(\Delta S_{yx} \text{ [дБ]} \cdot \ln(10)/20));$	
<u>для НКМВ</u>		
$\Delta S_{yx} $	$= \pm 20 \cdot \lg(1,0140 + 0,0140 \cdot (S_{xx} \text{ [отн. ед.] + } S_{yy} \text{ [отн. ед.]}) + 0,0025 \cdot 10^{-0,0205 \cdot S_{yx} \text{ [дБ]}});$	
$\Delta\Phi_{yx}$	$= \pm (0,55 + (180/\pi) \cdot \arcsin(\Delta S_{yx} \text{ [дБ]} \cdot \ln(10)/20));$	
где $ S_{xx} $ или $ S_{yy} $ – измеренные на АЦ значения модулей S-параметров соответственно $ S_{11} $ и $ S_{22} $ или наоборот, отн. ед.; так же $ S_{yx} $ и $ S_{xy} $ – модули $ S_{21} $ и $ S_{12} $.		
2) $f_{\text{н}}^{\text{min}}$, $f_{\text{в}}^{\text{max}}$ нижняя и верхняя рабочие частоты для прямоугольных волноводов. Значения погрешностей для НКМВ даны только в диапазонах рабочих частот от $f_{\text{н}}^{\text{min}}$ до $f_{\text{в}}^{\text{max}}$ соответствующих прямоугольных волноводов.		

Таблица 5 – Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений КШ (для ИУ с КСВН не более 1,7) в диапазоне от 0,1 до 26,5 ГГц, ИОШТ генератора шума (ГШ) 15 дБ в зависимости от пределов погрешности (ПГ) ИОШТ ГШ

Наборы мер	Пределы погрешности ИОШТ ГШ, дБ	ΔF , дБ
НКММ	$\pm 0,13$	от -0,27 до +0,26
	$\pm 0,40$	от -0,50 до +0,45
ЭК	$\pm 0,13$	от -0,31 до +0,29
	$\pm 0,40$	от -0,52 до +0,47
НКМВ	$\pm 0,13$	от -0,29 до +0,27
	$\pm 0,40$	от -0,51 до +0,45

П р и м е ч а н и е – Указанные пределы погрешности ΔF получены для конкретных значений пределов погрешности ИОШТ ГШ, используемого при измерениях КШ исследуемого устройства, и представляют собой доверительные границы НСП (для вероятности 0,95), рассчитанные согласно МИ 2083-90; для других значений пределов погрешности ИОШТ ГШ значения ΔF следует пересчитывать. Пределы ΔF справедливы после проведения пользовательской калибровки коэффициента шума, без учета потери ее актуальности с течением времени.

Таблица 6 – Основные технические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Максимально допустимый уровень мощности входного сигнала на измерительных портах, дБ/мВт	27
Тип соединителей измерительных портов	Тип NMD 3,5 мм, вилка (совместим с типом XI вариант 3 по ГОСТ 13317-89)
Номинальное значение напряжения питания генератора шума, В	28
Напряжение питания от сети переменного тока частотой 50 Гц, В	от 207 до 253
Потребляемая мощность, В·А, не более	130
Время установления рабочего режима, часов, не более	1
Время непрерывной работы, часов, не менее	16
Габаритные размеры измерительного блока, мм, не более: – высота – ширина – длина	200 400 450
Масса измерительного блока, кг, не более	19,5
Условия эксплуатации: – температура окружающей среды, °С – относительная влажность воздуха, при плюс 25 °С, %, не более – атмосферное давление, мм рт. ст.	от +15 до +35 80 от 537 до 800

Знак утверждения типа

наносится на титульный лист документа: ЖНКЮ.468166.032 РЭ. «Анализаторы цепей векторные. Р4213/Р4226/Р4226А. Руководство по эксплуатации» (в правом верхнем углу) с применением устройств вывода ЭВМ на основании электронного оригинала; а также маркируется на шильдике с заводским номером на задней панели АЦ (см. рисунок 1).

Комплектность средства измерений

Таблица 7 – Комплектность АЦ

Наименование, тип	Обозначение	Кол., шт.	Примечание
Анализатор цепей векторный Р4226А	ЖНКЮ.468166.066	1	–
Кабель СВЧ КСФ26-13РН-13Н-700 (0,7 м) КСФ26-13РН-13Н-1000 (1 м)	ЖНКЮ.685675.001-01 ЖНКЮ.685675.001-04	2 1(2)	длиной 0,7 м поставляются только парами
Кабель-перемычка	ЖНКЮ.685671.515	6	перемычки передней панели
Ключ тарифованный КТ-3	ЖНКЮ.296442.001-02	1	–
Ключ поддерживающий КП-3	ЖНКЮ.764431.011	1	–
Кабель Ethernet	ЖНКЮ.685611.077	1	патч-корд Cat.5e или аналог

Продолжение таблицы 7

Наименование, тип	Обозначение	Кол., шт.	Примечание
Кабель питания	ЖНКЮ.685631.067	1	с заземляющим проводником, евростандарт
Руководство по эксплуатации	ЖНКЮ.468166.032 РЭ	1	–
Формуляр	ЖНКЮ.468166.066 ФО	1	–
Программное обеспечение Graphit Р4М	ЖНКЮ.02065-01	1	поставляется на цифровом носителе
Наборы калибровочных мер		–	По отдельному заказу. Тип соединителей (по ГОСТ РВ 51914-2002) III N IX вар.3 3,5 мм
НКММ-01-01Р НКММ-11-11Р НКММ-03-03Р НКММ-13-13Р	ЖНКЮ.468955.003 ЖНКЮ.468955.004 ЖНКЮ.468955.001 ЖНКЮ.468955.002		
Калибратор электронный: Р4М-ЭК4-20-03-03 Р4М-ЭК4-20-03Р-03 Р4М-ЭК4-20-03Р-03Р Р4М-ЭК4-20-13-13 Р4М-ЭК4-20-13Р-13 Р4М-ЭК4-20-13Р-13Р	ЖНКЮ.468169.008-06 ЖНКЮ.468169.008-07 ЖНКЮ.468169.008-08 ЖНКЮ.468169.008-09 ЖНКЮ.468169.008-10 ЖНКЮ.468169.008-11	1	Тип соединителей: IX (вилка – вилка) IX (розетка – вилка) IX (розетка – розетка) 3,5 мм (вилка – вилка) 3,5 мм (розетка – вилка) 3,5 мм (розетка – розетка)
Переход коаксиальный: ПКН2-18-13РН-01 ПКН2-18-13РН-11 ПКН2-18-13РН-01Р ПКН2-18-13РН-11Р	ЖНКЮ.468562.033 ЖНКЮ.468562.033-01 ЖНКЮ.468562.034 ЖНКЮ.468562.034-01	1(2)	Комплектуется при использовании НКМВ-У с типом соединителей III, N (по ГОСТ РВ 51914-2002)
Набор калибровочных мер: НКМВ-У-72х34-01-01Р НКМВ-У-72х34-11-11Р НКМВ-У-72х34-01Р-01Р НКМВ-У-72х34-11Р-11Р НКМВ-У-58х25-01-01Р НКМВ-У-58х25-11-11Р НКМВ-У-58х25-01Р-01Р НКМВ-У-58х25-11Р-11Р НКМВ-У-48х24-01-01Р НКМВ-У-48х24-11-11Р НКМВ-У-48х24-01Р-01Р НКМВ-У-48х24-11Р-11Р НКМВ-У-40х20-01-01Р НКМВ-У-40х20-11-11Р НКМВ-У-40х20-01Р-01Р НКМВ-У-40х20-11Р-11Р НКМВ-У-35х15-01-01Р НКМВ-У-35х15-11-11Р	ЖНКЮ.468955.097 ЖНКЮ.468955.097-01 ЖНКЮ.468955.097-02 ЖНКЮ.468955.097-03 ЖНКЮ.468955.081 ЖНКЮ.468955.081-01 ЖНКЮ.468955.081-02 ЖНКЮ.468955.081-03 ЖНКЮ.468955.085 ЖНКЮ.468955.085-01 ЖНКЮ.468955.085-02 ЖНКЮ.468955.085-03 ЖНКЮ.468955.083 ЖНКЮ.468955.082 ЖНКЮ.468955.083-01 ЖНКЮ.468955.082-01 ЖНКЮ.468955.057 ЖНКЮ.468955.058	1	Сечение волновода 72х34 72х34 72х34 72х34 58х25 58х25 58х25 58х25 48х24 48х24 48х24 48х24 40х20 40х20 40х20 40х20 35х15 35х15

Продолжение таблицы 7

Наименование, тип	Обозначение	Кол., шт.	Примечание
НКМВ-У-35×15-01Р-01Р	ЖНКЮ.468955.105		35×15
НКМВ-У-35×15-11Р-11Р	ЖНКЮ.468955.105-01		35×15
НКМВ-У-28,5×12,6-01-01Р	ЖНКЮ.468955.026		28,5×12,6
НКМВ-У-28,5×12,6-11-11Р	ЖНКЮ.468955.027		28,5×12,6
НКМВ-У-28,5×12,6-01Р-01Р	ЖНКЮ.468955.040		28,5×12,6
НКМВ-У-28,5×12,6-11Р-11Р	ЖНКЮ.468955.041		28,5×12,6
НКМВ-У-28,5×12,6-13Р-13Р	ЖНКЮ.468955.089		28,5×12,6
НКМВ-У-23×10-01-01Р	ЖНКЮ.468955.028		23×10
НКМВ-У-23×10-11-11Р	ЖНКЮ.468955.029		23×10
НКМВ-У-23×10-01Р-01Р	ЖНКЮ.468955.042		23×10
НКМВ-У-23×10-11Р-11Р	ЖНКЮ.468955.043		23×10
НКМВ-У-23×10-13Р-13Р	ЖНКЮ.468955.045		23×10
НКМВ-У-16×8-13Р-13Р	ЖНКЮ.468955.049		16×8
НКМВ-У-11×5,5-13Р-13Р	ЖНКЮ.468955.051		11×5,5
Упаковка	—	1	—
П р и м е ч а н и е – Количество и типы кабелей СВЧ, тарированных и поддерживающих ключей, наборов калибровочных мер, переходов коаксиальных и калибраторов электронных определяются при заказе. В комплекте должно присутствовать не менее одного кабеля СВЧ для измерений в коаксиальном волноводе, и не менее двух для измерений в прямоугольном волноводе.			

Сведения о методиках (методах) измерений

приведены в разделе документа ЖНКЮ.468166.032 РЭ. «Анализаторы цепей векторные. Р4213/Р4226/Р4226А. Руководство по эксплуатации».

Нормативные документы, устанавливающие требования к средству измерений

ЖНКЮ.468166.066 ТУ Анализаторы цепей векторные Р4226А. Технические условия;

Приказ Росстандарта от 5 августа 2024 г. № 1796 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений комплексного коэффициента отражения и комплексного коэффициента передачи в волноводных трактах в диапазоне частот от 2,14 до 178,4 ГГц».

Правообладатель

Акционерное общество «Научно-производственная фирма «МИКРАН»
(АО «НПФ «МИКРАН»)
ИНН 7017211757
Адрес юридического лица: 634041, г. Томск, пр-кт Кирова, д. 51д

Изготовитель

Акционерное общество «Научно-производственная фирма «МИКРАН»
(АО «НПФ «МИКРАН»)
ИНН 7017211757
Адрес: 634041, г. Томск, пр-кт Кирова, д. 51д

Испытательный центр

Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений» (ФГУП «ВНИИФТРИ»)

Адрес: 141570, Московская обл., г. Солнечногорск, рп. Менделеево, промзона ФГУП «ВНИИФТРИ»

Уникальный номер записи в реестре аккредитованных лиц № 30002-13.