

Государственная система обеспечения единства измерений

Акционерное общество
«Приборы, Сервис, Торговля»
(АО «ПриСТ»)

УТВЕРЖДАЮ

Главный метролог

АО «ПриСТ»



А.Н. Новиков

«24» сентября 2018 г.

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ**

Анализаторы цепей векторные АКПП-6602

**МЕТОДИКА ПОВЕРКИ
ПР-34-2018МП**

**г. Москва
2018 г.**

ВВЕДЕНИЕ

Настоящая методика устанавливает методы и средства первичной и периодических поверок анализаторов цепей векторных АКИП-6602, изготовленных «Pico Technology Ltd», Великобритания.

Анализаторы цепей векторные АКИП-6602 (далее – анализаторы) предназначены для измерений коэффициентов передачи и отражения (S-параметров) в коаксиальных трактах.

Интервал между поверками 1 год.

Периодическая поверка анализаторов в случае их использования для измерений (воспроизведения) меньшего числа величин или на меньшем числе поддиапазонов измерений, по отношению к указанным в разделе «Метрологические и технические характеристики» описания типа, допускается на основании письменного заявления владельца анализаторов, оформленного в произвольной форме. Соответствующая запись должна быть сделана в свидетельстве о поверке анализаторов.

1 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
1	2	3	4
1 Внешний осмотр	7.1	Да	Да
2 Опробование	7.2	Да	Да
3 Проверка идентификационных данных программного обеспечения	7.4	Да	Да
4 Определение погрешности установки частоты сигнала источника	7.5	Да	Да
5 Определение погрешности установки мощности сигнала источника	7.6	Да	Да
6 Определение среднего уровня собственных шумов	7.7	Да	Да
7 Определение погрешности измерения S-параметров	7.8	Да	Да

2 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

2.1 При проведении поверки должны применяться средства поверки, перечисленные в таблицах 2 и 3.

2.2 Допускается применять другие средства поверки, обеспечивающие измерение значений соответствующих величин с требуемой точностью.

2.3 Все средства поверки должны быть исправны, поверены и иметь свидетельства (отметки в формулярах или паспортах) о поверке.

Таблица 2 – Средства поверки

Номер пункта МП	Тип средства поверки
1	2
7.5	Частотомер универсальный CNT-90XL. Диапазон частот измеряемых частот от 10 Гц до 27 ГГц (используется до 6 ГГц); пределы допускаемой относительной погрешности частоты опорного генератора $\pm 2 \cdot 10^{-7}$

Продолжение таблицы 2

1	2
7.6	Ваттметр поглощаемой мощности СВЧ NRP-Z51. Диапазон частот от 0 до 18 ГГц; диапазон измерения мощности от -35 до +20 дБм; пределы допускаемой относительной погрешности измерений мощности $\pm 0,3$ дБ.
7.7	Набор мер коэффициентов передачи и отражения 85032F, в составе: меры волнового сопротивления с распределенными параметрами (короткое замыкание (КЗ), холостой ход (ХХ), нагрузка согласованная (НС) 50 Ом. Тип соединителей: N(f), N (m)
7.8	Набор мер коэффициентов передачи и отражения 3363-1, в составе: - аттенюаторы с номинальными значениями ослабления $(20 \pm 0,8)$ дБ, $(50 \pm 1,5)$ дБ и коэффициентом отражения не более 0,15; - согласованная воздушная коаксиальная линия (50 Ом); - рассогласованная воздушная коаксиальная линия (25 Ом); Метрологические характеристики: диапазон рабочих частот от 0 до 18 ГГц; пределы допускаемой абсолютной погрешности определения действительных значений: модуля коэффициента передачи аттенюаторов от $\pm 0,05$ до $\pm 0,15$ дБ; фазы коэффициента передачи аттенюаторов от $\pm 0,8$ до $\pm 1,5^\circ$; модуля коэффициента отражения аттенюаторов от $\pm 0,005$ до $\pm 0,008$; фазы коэффициента отражения Γ аттенюаторов $\pm [(180/\pi) \cdot \arcsin(\Delta\Gamma/\Gamma)]$; модуля коэффициента передачи коаксиальных линий от $\pm 0,08$ до $\pm 0,12$ дБ; фазы коэффициента передачи коаксиальных линий от $\pm 1,0$ до $\pm 1,5^\circ$; модуля коэффициента отражения Γ коаксиальных линий на частотах от 0,01 до 10 ГГц: $\pm (0,008 + 0,005 \cdot \Gamma + 0,01 \cdot \Gamma^2)$; фазы коэффициента отражения Γ коаксиальных линий $\pm [(180/\pi) \cdot \arcsin(\Delta\Gamma/\Gamma)]$. Вспомогательное оборудование: набор мер коэффициентов передачи и отражения 85032F, в составе: меры волнового сопротивления с распределенными параметрами (короткое замыкание (КЗ), холостой ход (ХХ), нагрузка согласованная (НС) 50 Ом. Тип соединителей: N(f), N (m).
Примечание:	
1) Здесь и далее дБм – уровень мощности в дБ относительно 1 мВт	

Таблица 3 – Вспомогательные средства поверки

Измеряемая величина	Диапазон измерений	Класс точности, погрешность	Тип средства поверки
Температура	от 0 до +50 °С.	$\pm 0,25$ °С	Цифровой термометр-гигрометр Fluke 1620A
Давление	от 30 до 120 кПа	± 300 Па	Манометр абсолютного давления Testo 511
Влажность	от 10 до 100 %	± 2 %	Цифровой термометр-гигрометр Fluke 1620A

3 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

К поверке допускаются лица, изучившие эксплуатационную документацию на поверяемые средства измерений, эксплуатационную документацию на средства поверки и соответствующие требованиям к поверителям средств измерений согласно ГОСТ Р 56069-2014.

4 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

4.1 При проведении поверки должны быть соблюдены требования ГОСТ 12.27.0-75, ГОСТ 12.3.019-80, ГОСТ 12.27.7-75, требованиями правил по охране труда при эксплуатации электроустановок, утвержденных приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 24 июля 2013 г № 328Н.

4.2 Средства поверки, вспомогательные средства поверки и оборудование должны соответствовать требованиям безопасности, изложенным в руководствах по их эксплуатации.

5 УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С 23 ± 5 ;
- относительная влажность, % до 80;
- атмосферное давление, кПа от 84 до 106.

6 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

6.1 Перед проведением поверки должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

– проведены технические и организационные мероприятия по обеспечению безопасности проводимых работ в соответствии с действующими положениями ГОСТ 12.27.0-75;

– проверить наличие действующих свидетельств поверки на основные и вспомогательные средства поверки.

6.2 Средства поверки и поверяемый прибор должны быть подготовлены к работе согласно их руководствам по эксплуатации.

6.3 Проверено наличие удостоверения у поверителя на право работы на электроустановках с напряжением до 1000 В с группой допуска не ниже III.

6.4 Контроль условий проведения поверки по пункту 5 должен быть проведен перед началом поверки.

7 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

7.1 Внешний осмотр

Перед поверкой должен быть проведен внешний осмотр, при котором должно быть установлено соответствие поверяемого прибора следующим требованиям:

- не должно быть механических повреждений корпуса. Все надписи должны быть четкими и ясными;
- все разъемы, клеммы и измерительные провода не должны иметь повреждений и должны быть чистыми.

При наличии дефектов поверяемый прибор бракуется и подлежит ремонту.

7.2 Общие указания

7.2.1 Выполнить установку программы управления анализатором «PicoVNA 2» с USB флеш-накопителя на персональный компьютер (ПК) согласно руководству по эксплуатации.

7.2.2 Выполнить подключение анализатора к сети через адаптер из комплекта поставки и соединить анализатор с ПК. Включить анализатор в соответствии с руководством по эксплуатации и прогреть не менее чем 45 минут.

7.3 Опробование

Опробование анализаторов проводить путем проверки их на функционирование в соответствии с руководством по эксплуатации.

Подготовить анализатор к работе в соответствии с руководством по эксплуатации.

Включить анализатор и проверить отсутствие сообщений о неисправности в процессе загрузки.

Результат опробования считать положительным, если на дисплее отсутствуют сообщения об ошибках, прибор функционирует согласно руководству по эксплуатации.

При отрицательном результате опробования прибор бракуется и направляется в ремонт.

7.4 Проверка идентификационных данных программного обеспечения

Проверка программного обеспечения анализаторов осуществляется путем вывода на дисплей прибора информации о версии программного обеспечения.

Войти в меню «Help» анализатора и выбрать «About».

Результат считается положительным, если версия программного обеспечения соответствует данным, приведенным в таблице 4.

Таблица 4 – Характеристики программного обеспечения

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	PicoVNA 2
Номер версии (идентификационный номер ПО)	не ниже 2.01

7.5 Определение погрешности установки частоты сигнала источника

проводить при помощи частотомера универсального CNT-90 с опцией 13 (далее – частотомер) методом прямых измерений в следующей последовательности:

- подготовить анализатор к работе согласно инструкции по эксплуатации;
- включить прибор и прогреть в течение 30 минут;
- выходной разъем порта 1 анализатора соединить кабелем с разъемом С частотомера;
- в меню программы управления анализатором войти в меню Utilites-Signal Generator;
- установить уровень сигнала на выходе генератора 0 дБм, включить выход;
- последовательно устанавливая значения частот из диапазона 300 кГц – 6 ГГц,

произвести измерения частоты частотомером. Измерения провести не менее чем на 10 частотах, равномерно распределенных по диапазону частот генератора;

– абсолютную погрешность измерения определять по формуле (1). Относительную погрешность измерения определять по формуле (2).

$$\Delta = X - X_0 \quad (1)$$

$$\delta = \Delta / X_0 \quad (2)$$

где X – значение по показаниям испытуемого анализатора;

X_0 – значение по показаниям образцового (эталонного) СИ.

Результаты поверки считать положительными, если относительная погрешность не превышает допускаемых пределов: $\pm 10^{-5}$.

7.6 Определение погрешности установки мощности сигнала источника

проводить при помощи ваттметра поглощаемой мощности СВЧ NRP-Z51 (далее – ваттметр) методом прямых измерений в следующей последовательности:

- подключить ваттметр к выходному разъему порта 1 анализатора;
- в меню программы управления анализатором войти в меню Utilites-Signal Generator;
- установить частоту сигнала 1 МГц, уровень сигнала на выходе источника 0 дБм,

включить выход, измерить уровень выходного сигнала ваттметром;

– повторить измерения не менее чем для 5 значений уровня сигнала, равномерно распределенных по диапазону выходного уровня источника и для 3 значений частоты из каждого диапазона частот источника, согласно таблице 5;

- абсолютную погрешность измерения определять по формуле (1).

Таблица 5

Наименование характеристики	Значение характеристики
Диапазон установки мощности сигнала источника, дБм в диапазонах частот: - от 0,3 до 10 МГц - св. 10 МГц до 4 ГГц - св. 4 до 6 ГГц	 от -3 до -20 от +6 до -20 от +3 до -20

Результаты поверки считать положительными, если полученные значения погрешностей не превышают допускаемых пределов: $\pm 1,5$ дБ.

7.7 Определение среднего уровня собственных шумов

Определение собственных шумов проводить после проведения калибровки S21 при помощи калибровочного набора 85032F (далее – набор мер).

- загрузить с сайта изготовителя файл с калибровочными данными набора мер 85032F (<https://www.picotech.com/downloads>);

- в меню анализатора Tools-Calibration Kit выполнить загрузку параметров калибровочного набора для порта 1 и порта 2 из ранее сохраненного на ПК файла с данными набора мер 85032F согласно инструкции по эксплуатации (функции Load P1 Kit и Load P2 Kit). Для порта 1 выбрать файл «85032F_female.kit», для порта 2 выбрать файл «85032F_male.kit», подтвердить выбор нажатием кнопки «Apply»;

- в меню «Enhance» анализатора установить следующие параметры: фильтр ПЧ 10 Гц, уровень тест-сигнала +3 дБ, подтвердить выбор нажатием кнопки «Apply»;

- в меню «Sweep and Calibration» установить следующие параметры: начальная частота 0,3 МГц, конечная частота 6000 МГц, число точек свипирования 201, подтвердить выбор нажатием кнопки «Apply»;

- подключить к порту 1 фазостабильный кабель с типом разъемов N(m)-N(m) как показано на рисунке 1 и провести калибровку S21 при помощи набора мер 85032F через меню программы «Sweep and Calibration» согласно руководству по эксплуатации и следуя указаниям в программе анализатора;

- подключить согласованные нагрузки из набора мер 85032F к обоим портам анализатора как показано на рисунке 1;

- включить измерения на анализаторе параметра S21, в меню отображения данных измерений анализатора (Display) произвести автомасштабирование шкалы измерений (Autoscale), зафиксировать результаты измерений;

- записать максимальные значения уровня собственных шумов в диапазонах частот: от 0,3 до 10 МГц, св. 10 МГц до 4 ГГц, св. 4 до 6 ГГц;

- вычислить средний уровень собственных шумов относительно уровня тест-сигнала по формуле (3):

$$P_{ш} = P_{шм} - P_{ген} \quad (3)$$

где $P_{шм}$ – максимальное значение уровня собственных шумов, дБ;

$P_{ген}$ – значение уровня тест-сигнала (+3 дБ).

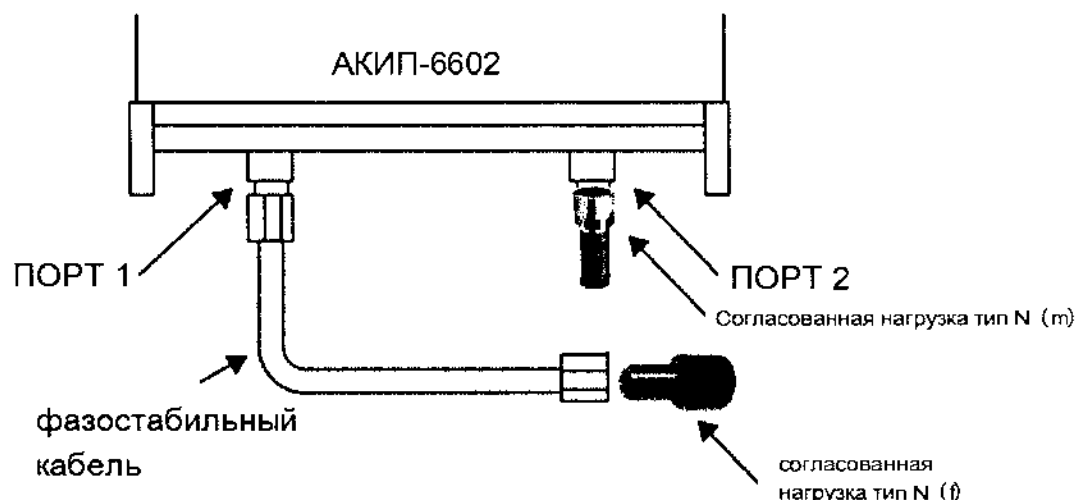


Рисунок 1 – Схема подключения при определении среднего уровня собственных шумов

Результаты поверки считать положительными, если измеренные значения уровня собственных шумов относительно уровня тестового сигнала не превышают значений, приведенных в таблице 6.

Таблица 6

Наименование характеристики	Значение характеристики
Средний уровень собственных шумов приемника относительно уровня тестового сигнала, дБм, не более в диапазонах частот:	
- от 0,3 до 10 МГц	-100
- св. 10 МГц до 4 ГГц	-108
- св. 4 до 6 ГГц	-100

Примечание. При использовании калибровочного набора отличного от 85032F, необходимо использовать значения S-параметров этих комплектов. Данные для калибровочных комплектов должны быть предоставлены в строго фиксированном формате и структурированы согласно руководству по эксплуатации анализатора. Данные загружаются в программное обеспечение анализатора при помощи функции «Calibration kit editor» (редактор калибровочных комплектов) согласно руководству по эксплуатации. Также можно использовать альтернативный метод коррекции ошибок, используя известные значения электрической длины и полиномиальные коэффициенты калибровочного комплекта, если они известны и предоставляются изготовителем.

7.8 Определение погрешности измерения S-параметров

проводить при помощи набора мер коэффициентов передачи и отражения 3363-1 (далее – набор мер 3363-1) методом прямых измерений в следующей последовательности:

- в меню анализатора Tools-Calibration Kit проверить установку параметров для набора мер 85032F;

- в меню «Enhance» анализатора установить следующие параметры: фильтр ПЧ 10 Гц, уровень тест-сигнала -3 дБ, подтвердить выбор нажатием кнопки «Apply»;

- в меню «Sweep and Calibration» установить параметры свипирования: начальную и конечную частоту, число точек свипирования. Установку производить из расчета, чтобы шаг перестройки частоты (устанавливается автоматически при выборе остальных параметров) позволял как можно точнее произвести установку на частоты калибровки меры. При установке полного диапазона качания и числа точек 6001, процесс калибровки и измерений займет продолжительное время, поэтому допускается разбивать диапазон частот на несколько поддиапа-

зон с меньшим числом точек свипирования. Калибровку и измерения необходимо проводить в каждом из этих поддиапазонов. Примеры настроек свипирования:

1. начальная частота 0,3 МГц, конечная частота 6000 МГц, число точек свипирования 6001,
2. поддиапазон 1: начальная частота 0,3 МГц, конечная частота 5000 МГц, число точек свипирования 1001; поддиапазон 2: начальная частота 4999 МГц, конечная частота 6000 МГц, число точек свипирования 1001;
3. поддиапазон 1: начальная частота 0,3 МГц, конечная частота 2000 МГц, число точек свипирования 401; поддиапазон 2: начальная частота 1999 МГц, конечная частота 4000 МГц, число точек свипирования 401; поддиапазон 3: начальная частота 3999 МГц, конечная частота 6000 МГц, число точек свипирования 401;

- подтвердить выбор нажатием кнопки «Apply», убедиться что шаг перестройки позволяет выполнить точную установку на требуемые частоты,

- подключить к порту 1 фазостабильный кабель с типом разъемов N(m)-N(m) и выполнить полную двухпортовую калибровку при помощи набора мер 85032F через меню программы «Sweep and Calibration» согласно руководству по эксплуатации и следуя указаниям в программе анализатора;

- подключить к анализатору для измерений воздушную линию 25 Ом из набора мер 3363-1 согласно эксплуатационной документации набора мер 3363-1; схема подключения приведена на рисунке 2;

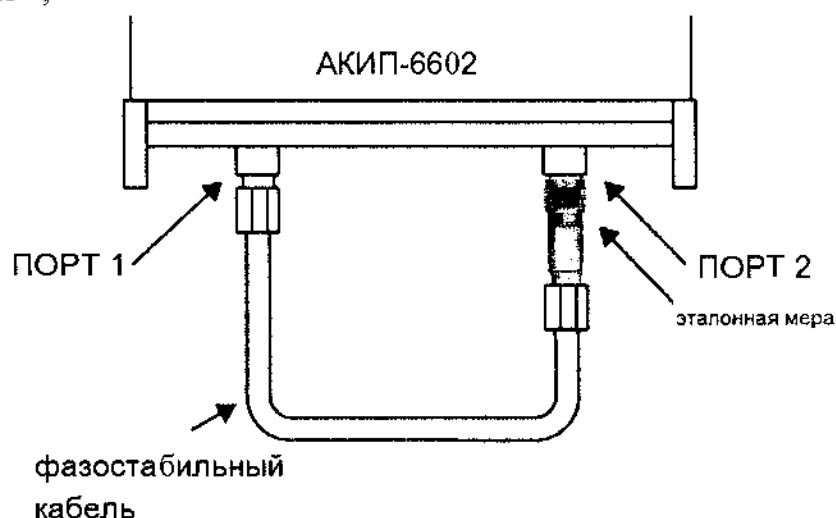


Рисунок 2 – Схема подключения при определении погрешности измерения S-параметров

- выбрать в настройках отображения данных измерений анализатора (Display) параметры измерений: канал 1 – модуль коэффициента отражения S11 (формат отображения LogMag), канал 2 – фаза коэффициента отражения S11 (формат отображения Phase), канал 3 – модуль коэффициента отражения S22 (формат отображения LogMag), канал 4 – фаза коэффициента отражения S22 (формат отображения Phase);

- начать измерения параметров нажатием кнопки Start, в меню отображения данных измерений анализатора (Display) произвести автомасштабирование шкалы измерений (Autoscale), после окончания измерений нажать кнопку Stop;

- записать измеренные значения S параметров (модуля и фазы коэффициентов отражения S11 и S22) на значениях частоты сигнала, при которых эти значения измерены и записаны в протоколе калибровки для воздушной линии 25 Ом;

- абсолютную погрешность измерений модуля коэффициента отражения и фазы коэффициента отражения вычислить по формуле (1). Поскольку значения коэффициента отражения для воздушной линии нормированы как безразмерная величина, то произвести пересчет действительных значений в логарифмические единицы по формуле (4):

$$S(\text{дБ}) = 20 \cdot \log(S) \quad (4)$$

- где $S(\text{дБ})$ – значения S – параметров, выраженные в логарифмических единицах, дБ;
 - S – значение S – параметров, выраженные в линейных (безразмерных) единицах
 - подключить к анализатору для измерений аттенюатор 20 дБ из набора мер 3363-1 вместо воздушной линии 25 Ом;
 - выбрать настройках отображения данных измерений анализатора (Display) параметры измерений: канал 1 – модуль коэффициента передачи S_{21} (формат отображения LogMag), канал 2 – фаза коэффициента передачи S_{21} (формат отображения Phase), канал 3 – модуль коэффициента передачи S_{12} (формат отображения LogMag), канал 4 – фаза коэффициента отражения S_{12} (формат отображения Phase)
 - выполнить измерения параметров нажатием кнопки Start, после окончания измерений нажать кнопку Stop;
 - записать измеренные значения S параметров (модуля и фазы коэффициентов передачи S_{21} и S_{12}) на значениях частоты сигнала, в которых эти значения измерены и записаны в протоколе калибровки для аттенюатора 20 дБ;
 - подключить к анализатору для измерений аттенюатор 50 дБ из набора мер 3363-1 вместо аттенюатора 20 дБ и провести аналогичные измерения S параметров;
 - абсолютную погрешность измерений вычислить по формуле (1);
- Результаты поверки считать положительными, если полученные значения погрешностей не превышают допускаемых пределов, приведенных в таблице 7.

Таблица 7

Наименование характеристики	Значение характеристики			
Диапазоны измерений модуля коэффициента отражения, дБ	от -30 до -25	св. -25 до -15	св. -15 до 0	
Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерений модуля коэффициента отражения, дБ				
- в диапазоне частот от 300 кГц до 2 МГц	±3,0	±0,8	±0,7	
- в диапазоне частот св. 2 МГц до 6 ГГц	±2,5	±1,0	±0,5	
(фильтр ПЧ 10 Гц, усреднение выключено, после полной двухпортовой калибровки, при отклонении температуры окружающего воздуха на ±1 °С от температуры калибровки) ¹⁾				
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений фазы коэффициента отражения, °				
- в диапазоне частот от 300 кГц до 2 МГц	±20	±10	±8	
- в диапазоне частот св. 2 МГц до 6 ГГц	±15	±6	±4	
(в нормальных условиях применения)				
Диапазоны измерений уровней выходной мощности, дБм	от -80 до -60	св. -60 до -40	св. -40 до 0	св. 0 до +6
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля коэффициента передачи, дБ				
- в диапазоне частот от 300 кГц до 2 МГц	±2,0	±0,5	±0,2	±0,4
- в диапазоне частот св. 2 МГц до 6 ГГц	±1,5	±0,3	±0,1	±0,2
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений фазы коэффициента передачи, °				
- в диапазоне частот от 300 кГц до 2 МГц	±15	±8	±2	±6
- в диапазоне частот св. 2 МГц до 6 ГГц	±12	±4	±1	±2
(в нормальных условиях применения)				
Примечание				
1) Условия также применимы для погрешности измерений коэффициента передачи и фазы коэффициентов отражения и передачи				

Примечания

1. При использовании калибровочного набора отличного от 85032F, необходимо использовать значения S-параметров этих комплектов. Данные для калибровочных комплектов должны быть предоставлены в строго фиксированном формате и структурированы согласно руководству по эксплуатации анализатора. Данные загружаются в программное обеспечение анализатора при помощи функции «Calibration kit editor» (редактор калибровочных комплектов) согласно руководству по эксплуатации. Также можно использовать альтернативный метод коррекции ошибок, используя известные значения электрической длины и полиномиальные коэффициенты калибровочного комплекта, если они известны и предоставляются изготовителем.

2. Поскольку воздушные линии являются не симметричным устройством, у которого $S_{11} \neq S_{22}$, то будьте внимательны при сравнении данных к ориентации линии.

8 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

8.1 При положительных результатах поверки анализаторов оформляется свидетельство о поверке в соответствии с приказом Минпромторга России от 02.07.2015 № 1815 "Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке".

8.2 При отрицательных результатах поверки приборы не допускаются к дальнейшему применению, свидетельство о поверке аннулируется и выдается извещение о непригодности.

Начальник отдела испытаний
и сертификации

С.А. Корнеев