

УТВЕРЖДАЮ
Первый заместитель
генерального директора –
заместитель по научной работе
ФГУП «ВНИИФТРИ»

_____ А.Н. Шипунов
« 23 » _____ 2015 г.



**АНАЛИЗАТОРЫ ЦЕПЕЙ ВЕКТОРНЫЕ
E5080A**

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

615-15-60 МП

и.р. 62979-15

р.п. Менделеево
2015 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1 Общие сведения.....	3
2 Операции поверки	3
3 Средства поверки	4
4 Требования к квалификации поверителей.....	5
5 Требования безопасности.....	6
6 Условия поверки.....	6
7 Проведение поверки.....	7
8 Оформление результатов поверки.....	16
9 Приложение А	17

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Настоящий документ распространяется на анализаторы цепей векторные E5080A (далее анализаторы) всех вариантов исполнения и устанавливает методику, порядок и содержание их первичной и периодической поверок.

Интервал между поверками 1 год.

2 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

При проведении поверки анализатора проводят операции, указанные в таблице 1:

Таблица 1

Наименование операции	№ пункта методики	Первичная поверка	Периодическая поверка
1 Внешний осмотр	7.1	Да	Да
2 Опробование	7.2	Да	Да
3 Идентификация ПО анализатора	7.3	Да	Да
4 Проверка метрологических характеристик		Да	Да
4.1 Проверка присоединительных размеров коаксиальных соединителей измерительных портов анализаторов	7.4	Да	Да
4.2 Определение относительной погрешности установки частоты	7.5	Да	Да
4.3 Определение значений абсолютной погрешности установки мощности на выходе измерительных портов	7.6	Да	Да
4.4 Определение нелинейности амплитудной характеристики синтезатора частот	7.7	Да	Да
4.5 Определение максимального уровня устанавливаемой мощности на выходе измерительных портов	7.8	Да	Нет
4.6 Определение случайной составляющей погрешности измерений коэффициентов передачи и отражения	7.9	Да	Да
4.7 Определение уровня собственных шумов приемника	7.10	Да	Да
4.8 Определение значений абсолютной погрешности измерений в динамическом диапазоне (на частотах 1 МГц и 1,195 ГГц)	7.11	Да	Нет
4.9 Определение неисправленных характеристик анализатора	7.12	Да	Нет
4.10 Определение значений абсолютной погрешности измерений коэффициента передачи (амплитуда и фаза) и значений	7.13	Да	Да

абсолютной погрешности измерений коэффициента отражения (амплитуда и фаза)			
--	--	--	--

3 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки применяют средства измерений и приспособления указанные в таблице 2:

Таблица 2.

Номер пункта методики поверки	Наименование и тип средств поверки и их метрологические и основные технические характеристики средств поверки
7.2, 7.7, 7.9, 7.10, 7.12, 7.13	Набор мер коэффициентов передачи и отражения 85032F : пределы допускаемой погрешности определения действительных значений модуля коэффициента отражения от $\pm 0,4$ до $\pm 1,3$ %, пределы допускаемой погрешности определения фазы коэффициента отражения от 0,5 до 0,85 градусов, пределы допускаемой погрешности определения коэффициента передачи от $\pm 0,03$ до $\pm 0,1$ дБ, пределы допускаемой погрешности определения фазы коэффициента передачи от $\pm 0,3$ до ± 2 градусов
7.4	Набор мер коэффициентов передачи и отражения 85054В: пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений глубины погружения контакта «вилка» и «розетка» $\pm 0,00127$ мм, пределы допускаемых значений погрешности воспроизведения глубины погружения контакта: «вилка» (номинальное значение 5,2578 мм), минус 0,0762 мм; розетка (номинальное значение 5,2832 мм) 0,0762 мм
7.13	Набор мер коэффициентов передачи и отражения 85055А: диапазон рабочих частот аттенюаторов 20 дБ и 50 дБ от 0 до 18 ГГц; пределы допускаемой абсолютной погрешности ослабления аттенюатора 20 дБ $\pm 0,75$ дБ; пределы допускаемой абсолютной погрешности фазы коэффициента передачи аттенюатора 20 дБ $\pm 5,25^\circ$; пределы допускаемой абсолютной погрешности ослабления аттенюатора 50 дБ $\pm 2,5$ дБ; пределы допускаемой абсолютной погрешности фазы коэффициента передачи аттенюатора 50 дБ $\pm 50,49^\circ$; отрезок воздушной линии с волновым сопротивлением 50 Ом: допускаемые значения внутреннего диаметра внешнего проводника $7,000 \pm 0,004$ мм; допускаемые значения внешнего диаметра внутреннего проводника $3,040 \pm 0,025$ мм; допускаемые значения длины

	внешнего проводника $124,873 \pm 0,025$ мм; допускаемые значения длины внутреннего проводника $124,873^{+0,01}_{-0,002}$ мм; отрезок воздушной линии с волновым сопротивлением 25 Ом: допускаемые значения внутреннего диаметра внешнего проводника $7,000 \pm 0,004$ мм; допускаемые значения внешнего диаметра «d» внутреннего проводника $3,010 \pm 0,008$ мм; допускаемые значения внешнего диаметра «d1» внутреннего проводника $4,613 \pm 0,005$ мм; допускаемые значения длины «l1» внутреннего проводника $74,930 \pm 0,019$ мм; допускаемые значения длины «l2» внутреннего проводника $25,002 \pm 0,05$ мм; допускаемые значения длины внутреннего проводника $124,873^{+0,01}_{-0,002}$ мм
7.5	Частотомер электронно-счетный 53150А: диапазон измерений частоты от 10 Гц до 20 ГГц; пределы основной допускаемой абсолютной погрешности измерений частоты при работе от внутреннего генератора $\pm (F \cdot 10^{-7} + \Delta F)$, где F – частота сигнала, ΔF – разрешение по частоте, пределы относительной погрешности измерений частоты $\pm 10^{-6}$
7.5	Стандарт частоты рубидиевый FS 725: пределы допускаемой относительной погрешности частоты: $\pm 5 \cdot 10^{-10}$ (за 1 год)
7.6, 7.7, 7.8, 7.10	Блок измерительный ваттметра N1913A с преобразователем E9304A опция H18: диапазон частот от 9 кГц до 18 ГГц, пределы допускаемой погрешности измерений мощности $\pm 3,5$ %
7.11	Блок измерительный ваттметра E4418B с преобразователем N8482A: диапазон частот от 100 кГц до 6 ГГц, пределы допускаемой погрешности измерений мощности $\pm 4,5$ %
7.11	Приспособление для измерений линейности тракта Z5623A опция H010 (вспомогательное оборудование) значение устанавливаемой мощности контролируется E4418B с преобразователем N8482A)

3.2 Вместо указанных в таблице 2 средств поверки допускается применять другие аналогичные средства поверки, обеспечивающие определение метрологических характеристик с требуемой точностью.

3.3 Все средства поверки должны быть исправны, поверены и иметь свидетельства о поверке или оттиск поверительного клейма на приборе или в технической документации.

4 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЯ

4.1 К проведению поверки допускаются лица, аттестованные в качестве поверителей.

4.2 Персонал, проводящий поверку, должен знать основные принципы работы векторных анализаторов цепей, быть компетентным в вопросах эксплуатации анализатора и его поверки в соответствии с настоящей методикой.

5 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

5.1 При проведении поверки следует соблюдать общие требования безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей».

Внимание! При проведении поверки необходимо принять меры защиты от статического напряжения, использовать антистатические заземленные браслеты и заземлённую оснастку.

6 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

6.1 Условия поверки приведены в таблице 3.

Таблица 3.

Температура окружающего воздуха, °С	От +20 до +26
Относительная влажность воздуха при 23 °С, %	От 20 до 80
Атмосферное давление, кПа	от 84 до 106
Электропитание от сети переменного тока частотой, Гц напряжением, В	от 47 до 63 от 90 до 132 или от 198 до 264

Во время определения метрологических характеристик температура в помещении не должна изменяться более чем на 1 °С относительно температуры при которой была проведена калибровка анализатора.

7 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

7.1 Внешний осмотр

При проведении внешнего осмотра установить соответствие поверяемого анализатора следующим требованиям:

- комплектность анализатора и его компонентов соответствует указанной в документации на анализатор;
- отсутствие механических повреждений и ослабление элементов, четкость фиксации их положения;
- четкость обозначений, чистоту и исправность разъёмов и гнезд, наличие и целостность печатей и пломб;
- наличие маркировки согласно требованиям эксплуатационной документации;

7.2 Опробование

Проверку работоспособности анализаторов проводить при помощи мер волнового сопротивления короткое замыкание (КЗ) и холостой ход (ХХ) из набора мер 85032F.

Произвести полную 2-х портовую калибровку анализатора в диапазоне рабочих частот анализатора, при уровне выходной мощности измерительного порта 0 дБ относительно 1 мВт и полосе ПЧ 3 кГц. Для калибровки анализатора использовать набор мер коэффициентов передачи и отражения 85032F.

Подключить на вход откалиброванных измерительных портов анализатора меры холостого хода «OPEN» или короткого замыкания «SHORT». Установить на анализаторе режим измерений S параметров (коэффициента отражения), формат представления результатов измерений – диаграмма Вольперта-Смита.

Результаты проверки работоспособности считать удовлетворительными, если зависимости коэффициента отражения от частоты, отображенные на экране анализатора соответствуют характеру подключенной к измерительному порту нагрузки. Повторить проверку работоспособности для всех измерительных портов анализатора. Допускается проводить проверку работоспособности с использованием мер «нагрузка согласованная» из комплекта мер 85032F.

7.3 Идентификация ПО анализатора

7.3.1 Определение идентификационных данных ПО

Для приложений E5080A Firmware проверить следующие идентификационные данные ПО:

- наименование ПО;
- идентификационное наименование ПО;
- номер версии (идентификационный номер) ПО ;
- цифровой идентификатор ПО (контрольную сумму исполняемого кода).

Для расчета цифрового идентификатора использовать программу (утилиту) «MD5_FileChecker», использующая алгоритм md5. Указанная программа находится в свободном доступе сети Internet (сайт www.winmd5.com).

Результаты испытаний считать положительными, если идентификационные данные ПО соответствуют указанным в приложении А.

7.4 Проверка присоединительных размеров коаксиальных соединителей измерительных портов анализаторов

Соответствие присоединительных размеров коаксиального соединителя входов анализатора определяют сличением основных размеров с размерами, указанными в ГОСТ 13317-89 и IEEE Std 28TM - 2007 с использованием соответствующих измерителей

коаксиальных соединителей из набора мер 85054В.

Результаты поверки считать удовлетворительными, если присоединительные размеры коаксиальных соединителей соответствуют типу, указанному в приложении А.

7.5 Определение относительной погрешности установки частоты

Установить на анализаторе режим непрерывной генерации сигнала «CW». Подключить частотомер 53150А к измерительному порту 1 анализатора. Установить частоту сигнала, равную начальной частоте диапазона рабочих частот (9 кГц).

Произвести измерение частоты выходного сигнала с использованием электронно-счётного частотомера (при поверке анализаторов стандартной комплектации в качестве опорного генератора частотомера используется его внутренний опорный генератор, а при поверке анализаторов опция 1Е5 в качестве опорного генератора частотомера использовать стандарт частоты рубидиевый FS 725). Измеренное значение частоты занести в протокол.

Повторить измерение частоты выходного сигнала на частотах: 100 кГц, 50 МГц, 134,1 МГц, 548 МГц, 3 ГГц, 4,5 ГГц, 8,5 ГГц, 9 ГГц.

Рассчитать значения относительных погрешностей установки частоты сигнала по формуле (1):

$$\delta f = (f_r - f_0)/f_0, \quad (1)$$

где f_0 – значение частоты сигнала, измеренное частотомером, Гц;

f_r – значение частоты сигнала, установленное на анализаторе, Гц.

Повторить перечисленные выше операции для каждого измерительного порта.

Значения δf , на каждой из приведенных частот, занести в протокол.

Повторить измерения относительной погрешности установки частоты для анализатора с опцией 1Е5

Результаты поверки считать удовлетворительными, если значения относительной погрешности установки частоты находятся в пределах, указанных в приложении А.

7.6 Определение значений абсолютной погрешности установки мощности на выходе измерительных портов

К измерительному порту 1 анализатора подключить ваттметр поглощаемой мощности типа N1913А с преобразователем E9304А опция Н18. Установить на анализаторе режим непрерывной генерации «CW» на частоте $F_i = 9$ кГц с уровнем выходной мощности 0 дБ относительно 1 мВт. Выполнить измерения мощности P_{ii} на измерительном порте согласно эксплуатационной документации на ваттметр. Повторить измерения мощности P_{ii} на частотах F_i : 20 кГц; 50 кГц; 100 кГц; 300 кГц; 1 МГц; 10 МГц; 46,845 МГц; 50 МГц; 68 МГц; 90 МГц; 125 МГц; 325 МГц; 625 МГц; 875 МГц; 1,05 ГГц; 1,55 ГГц; 2,05 ГГц; 2,55 ГГц; 3 ГГц; 3,025 ГГц; 3,525 ГГц; 4,025 ГГц; 4,5 ГГц; 4,525 ГГц; 5,025 ГГц; 5,525 ГГц; 6,025 ГГц; 6,5 ГГц; 6,525 ГГц; 7,025 ГГц; 7,525 ГГц; 8,025 ГГц; 8,5 ГГц; 9 ГГц.

Рассчитать значение абсолютной погрешности установки выходной мощности на 1-ом измерительном порте анализатора по формуле (2):

$$\Delta P_i = P_y - P_{ii}, \quad (2)$$

где P_y – установленный уровень выходной мощности анализатора.

Полученные значения ΔP_i занести в протокол.

Повторить измерения для каждого измерительного порта анализатора.

Результаты поверки считать удовлетворительными, если значения абсолютной погрешности установки мощности на измерительных портах находятся в пределах, указанных в приложении А.

7.7 Определение нелинейности амплитудной характеристики синтезатора частот

Произвести 2-х портовую калибровку анализатора в рабочей полосе частот анализатора при уровне выходной мощности измерительного порта 0 дБ относительно 1 мВт и полосе ПЧ 3 кГц. Для калибровки анализатора использовать набор мер коэффициентов передачи и отражения 85032F.

К измерительному порту 1 анализатора подключить ваттметр поглощаемой мощности типа N1913A с преобразователем E9304A опция H18. Установить на анализаторе режим непрерывной генерации «CW» на частоте $F_i = 9$ кГц.

Последовательно устанавливая значения выходной мощности выходного сигнала P_{uj} : 10; 7,5; 5; 2,5; минус 2,5; минус 5; минус 7,5; минус 10; минус 12,5; минус 15; минус 17,5; минус 20 дБ относительно 1 мВт выполнить измерения мощности P_{ij} на измерительном порте согласно эксплуатационной документации на ваттметр.

Рассчитать значение абсолютной погрешности выходной мощности на 1-ом измерительном порте анализатора по формуле (3):

$$\Delta P_j = P_{uj} - P_{ij}, \quad (3)$$

где P_{uj} – установленный уровень выходной мощности анализатора.

Полученные значения ΔP_j занести в протокол.

Последовательно устанавливая значения частоты выходного сигнала F_i : 100 кГц; 50 МГц; 3 ГГц; 4,5 ГГц; 5 ГГц; 6 ГГц; 7 ГГц; 8,5 ГГц при значениях P_{uj} , указанных выше, произвести измерения P_{ij} , рассчитать и занести в протокол ΔP_j .

Установив на анализаторе значение частоты выходного сигнала $F_i = 9$ ГГц при значениях P_{uj} : 8; 7,5; 5; 2,5; минус 2,5; минус 5; минус 7,5; минус 10; минус 12,5; минус 15; минус 17,5; минус 20 дБ относительно 1 мВт, произвести измерения P_{ij} , рассчитать и занести в протокол ΔP_j .

Повторить измерения для каждого измерительного порта анализатора.

Результаты поверки считать удовлетворительными, если значения ΔP_j для всех измерительных портов находятся в пределах, указанных в приложении А.

7.8 Определение максимального уровня устанавливаемой мощности на выходе измерительных портов

К измерительному порту 1 анализатора подключить ваттметр поглощаемой мощности типа N1913A с преобразователем E9304A опция H18. Установить на анализаторе режим непрерывной генерации «CW» на частоте $F_i = 9$ кГц с уровнем выходной мощности 0 дБ относительно 1 мВт. Увеличивать выходную мощность синтезатора до тех пор, пока на экране не появится сообщение об ошибке «UNLEVELED». Уменьшить значение выходной мощности до момента пропадания сообщения «UNLEVELED». Выполнить измерения мощности P_i на измерительном порте анализатора согласно эксплуатационной документации на ваттметр.

Установить частоту непрерывной генерации анализатора $F_j = 100$ кГц с уровнем выходной мощности 0 дБ относительно 1 мВт. Увеличивать выходную мощность синтезатора до тех пор, пока на экране не загорится сообщение об ошибке «UNLEVELED». Уменьшить значение выходной мощности до момента пропадания сообщения «UNLEVELED». Выполнить измерения мощности P_j на измерительном порте согласно эксплуатационной документации на ваттметр.

Рассчитать максимальный уровень мощности в диапазоне частот от F_i до F_j по формуле (4):

$$P_m = (P_i + P_j)/2. \quad (4)$$

Устанавливая значения частоты выходного сигнала $F_i = 100$ кГц, $F_j = 50$ МГц; $F_i = 50$ МГц, $F_j = 6$ ГГц; $F_i = 6$ ГГц, $F_j = 8,5$ ГГц; $F_i = 8,5$ ГГц, $F_j = 9$ ГГц произвести, по описанной выше процедуре, измерения P_i и P_j на выходе порта 1 анализатора и рассчитать P_m для диапазонов частот от F_i до F_j .

Полученные значения P_m занести в протокол.

Повторить измерения для каждого измерительного порта анализатора.

Результаты поверки считать удовлетворительными, если значения максимального уровня мощности на измерительных портах находятся в пределах, указанных в приложении А.

7.9 Определение случайной составляющей погрешности измерений коэффициентов передачи и отражения

Произвести полную 2-х портовую калибровку анализатора в рабочей полосе частот анализатора, при уровне выходной мощности измерительного порта 0 дБ относительно 1 мВт и полосе ПЧ 3 кГц. Для калибровки анализатора использовать набор мер коэффициентов передачи и отражения 85032F.

Провести определение случайной составляющей погрешности измерений коэффициентов отражения для чего:

- к порту 1 подключить нагрузку SHORT из калибровочного набора, установить режим измерения модуля и фазы коэффициента отражения (S11) в полосе частот от 9 до 30 кГц (уровень выходной мощности 0 дБ относительно 1 мВт, полоса ПЧ 3 кГц). Провести измерения среднего значения и СКО модуля и фазы коэффициента отражения в заданном диапазоне частот. Описанную выше процедуру измерений S11 повторить в полосах частот: от 30 кГц до 100 кГц; от 100 кГц до 1,5 ГГц; от 1,5 до 6 ГГц; от 6 ГГц до 9 ГГц. Результаты измерений занести в протокол.

Измерения повторить для всех портов анализатора.

Провести определение случайной составляющей погрешности измерений коэффициентов передачи для чего:

- соединить порты 1 и 2 анализатора при помощи гибкого фазостабильного кабеля. На анализаторе установить режим измерений модуля и фазы коэффициента передачи (S21) в полосе частот от 9 до 30 кГц (уровень выходной мощности 0 дБ относительно 1 мВт, полоса ПЧ 3 кГц). Провести измерения среднего значения и СКО модуля и фазы коэффициента передачи в заданном диапазоне частот. Описанную выше процедуру измерений S21 повторить в полосах частот: от 30 кГц до 100 кГц; от 100 кГц до 6 ГГц; от 6 до 9 ГГц. Результаты измерений занести в протокол.

Измерения повторить для коэффициента передачи S12.

Результаты поверки считать удовлетворительными, если СКО модуля и фазы коэффициентов передачи и отражения находятся в пределах, указанных в приложении А.

7.10 Определение уровня собственных шумов приемника

Для определения уровня собственных шумов приемника (P_{nose}) порта 1 анализатора необходимо:

Установить на анализаторе режим непрерывной генерации (CW) на частоте $(f_i - f_j)/2$, где $f_i = 9$ кГц, $f_j = 100$ кГц. К измерительному порту анализатора, работающему в качестве синтезатора частот, подключить СВЧ кабель. К другому разъему СВЧ кабеля подключить ваттметр поглощаемой мощности типа N1913A с преобразователем E9304A opt.H18. Установить, контролируя по ваттметру, уровень выходной мощности синтезатора 5 дБ относительно 1 мВт.

Отключить СВЧ кабель от измерительного преобразователя ваттметра и подключить его к измерительному порту приемника, у которого определяется уровень собственных шумов. Измерить уровень мощности (P_{log}) на входе этого приемника и занести его в протокол. Отключить СВЧ кабель от измерительных портов анализатора.

Подключить на измерительный порт приемника, у которого определяется уровень собственных шумов, согласованную нагрузку из состава набора мер коэффициентов передачи и отражения 85032F. Включить анализатор в режим свипирования по частоте в диапазоне от f_i до f_j с полосой ПЧ 1 Гц. Снять показания максимального значения уровня мощности шума приемника (P_{dBm}) в диапазоне частот от f_i до f_j и занести его в протокол.

Рассчитать уровень мощности шума поверяемого приемника в полосе частот от f_i до f_j по формуле (5):

$$P_{nose} = P_{dBm} - (5.00 - P_{log}), \quad (5)$$

и занести значение P_{nose} в протокол.

Повторить измерения и определение уровня собственных шумов приемника в диапазонах

частот: от $f_i = 100$ кГц до $f_j = 50$ МГц; от $f_i = 50$ МГц до $f_j = 6$ ГГц; от $f_i = 6$ ГГц до $f_j = 8,5$ ГГц; от $f_i = 8,5$ ГГц до $f_j = 9$ ГГц.

Повторить измерения для каждого измерительного порта анализатора.

Результаты поверки считать удовлетворительными, если уровни собственных шумов измерительных приемников анализатора не превышают значений, указанных в приложении А.

7.11 Определение значений абсолютной погрешности измерений в динамическом диапазоне (на частотах 1 МГц и 1,195 ГГц)

7.11.1 Определение абсолютной погрешности измерений в динамическом диапазоне мощности на частоте 1,195 ГГц

Для определения абсолютной погрешности измерений в динамическом диапазоне мощности разъем «INPUT FROM SOURCE» установки для измерений линейности тракта Z5623A опция H01(далее - установка Z5623A) подключить к порту, используемому как источник сигнала анализатора. К разъему «OUTPUT TO POWER METER» установки Z5623A подключить ваттметр E4418B с преобразователем N8482A, используемый в качестве меры линейности, а разъем «OUTPUT TO RECEIVER» установки Z5623A подключить к тестируемому измерительному порту анализатора. Установить на аттенуаторах Att11 дБ и Att110 дБ установки Z5623A нулевое ослабление. Испытуемый анализатор включить в режим непрерывной генерации (CW): уровень выходной мощности плюс 10 дБ относительно 1 мВт, частота 1,195 ГГц.

Выполнить измерения мощности при помощи ваттметра P_v^0 и приемника анализатора P_p^0 (символ: 0 – соответствует значению ослабления Att11 дБ 0 дБ).

Установить на Att11дБ ослабление 5 дБ. Выполнить измерения мощности при помощи ваттметра P_v^5 и приемника анализатора P_p^5 , рассчитать динамическую составляющую погрешности приемника анализатора при изменении ослабления Att11дБ с 0 дБ до 5 дБ и ослаблении Att110дБ ноль дБ по формуле (6):

$$\Delta d_{5i} = (P_v^0 - P_v^5) - (P_p^0 - P_p^5), \quad (6)$$

где $i = 0$ – соответствует $(i \times 10)$ ослаблению Att.110 дБ.

Значение Δd_{5i} занести в протокол.

Установить на Att11дБ ослабление 10 дБ. Выполнить измерения мощности при помощи ваттметра P_v^{10} и приемника анализатора P_p^{10} , рассчитать динамическую составляющую погрешности приемника анализатора при изменении ослабления Att11 дБ с 5 дБ до 10 дБ и ослаблении Att110дБ ноль дБ по формуле (7):

$$\Delta d_{10i} = (P_v^5 - P_v^{10}) - (P_p^5 - P_p^{10}), \quad (7)$$

где $i = 0$ – соответствует $(i \times 10)$ ослаблению Att110дБ.

Значение Δd_{10i} занести в протокол.

Установить на Att11 дБ нулевое ослабление, а на Att110дБ ослабление 10 дБ ($i = 1$). Медленно вращая ручку уровня мощности источника сигнала анализатора установить уровень мощности на входе приемника анализатора равным P_p^{10} .

Описанные выше операции настоящей методики последовательно повторить для i от 2 до 14 с шагом 1. При этом будет определена динамическая составляющая погрешности измерений уровня сигнала приемником измерительного порта анализатора в диапазоне от плюс 10 дБ до минус 100 дБ с шагом 5 дБ.

Повторить измерения для всех измерительных портов анализатора.

Результаты поверки считать удовлетворительными, если значения динамической составляющей погрешности измерений уровня сигнала всеми приемниками анализатора на частоте 1,195 ГГц находятся в допустимых пределах, приведенных в приложении А.

7.11.2 Определение динамической составляющей погрешности измерений уровня мощности и фазы сигнала на частоте 1 МГц.

Для определения динамической составляющей погрешности измерения уровня мощности и фазы сигнала разъем «INPUT FROM SOURCE» установки для измерений линейности тракта Z5623A опция H01(далее - установка Z5623A) подключить к порту, используемому как источник сигнала (порт 1) анализатора. К разъему «OUTPUT TO POWER METER» установки

Z5623A подключить ваттметр E4418B с преобразователем N8482A, используемый в качестве меры линейности, а разъем «OUTPUT TO RECEIVER» установки Z5623A подключается к измерительному порту 2 анализатора. Установить на Att11дБ и Att110дБ установки Z5623A нулевое ослабление. Испытуемый анализатор включить в режим непрерывной генерации (CW): уровень выходной мощности порта 1 плюс 10 дБ относительно 1 мВт, частота 1МГц.

Выполнить измерения мощности при помощи ваттметра P_v^0 , а приемником порта 2 анализатора уровень мощности P_p^0 и фазу сигнала Φ_p^0 (символ: 0 – соответствует значению ослабления Att11дБ).

Установить на Att11 дБ ослабление 5 дБ. Выполнить измерения мощности при помощи ваттметра P_v^5 , а приемником анализатора измерить P_p^5 и Φ_p^5 , рассчитать динамическую составляющую погрешности приемника анализатора при изменении ослабления Att11 дБ с 0 дБ до 5 дБ и ослаблении Att110дБ ноль дБ по формуле (8):

$$\Delta d_{5i} = (P_v^0 - P_v^5) - (P_p^0 - P_p^5), \quad (8)$$

где $i = 0$ – соответствует ($i \times 10$) ослаблению Att110дБ.

Рассчитать погрешность измерения фазы приемником анализатора по формуле (9):

$$\Delta \phi_{5i} = \Phi_p^5 - K_0 - K_5 - K_i, \quad (9)$$

где K_0 – значение набега фазы на Att11дБ при ослаблении 0 дБ (определяется при аттестации); K_5 – значение набега фазы на Att11дБ при ослаблении 5 дБ (определяется при аттестации); K_i – значение набега фазы на Att110дБ при ослаблении ($i \times 10$) дБ (определяется при аттестации).

Значения Δd_{5i} и $\Delta \phi_{5i}$ занести в протокол.

Установить на Att11дБ ослабление 10 дБ. Выполнить измерения мощности при помощи ваттметра P_v^{10} , а приемником анализатора измерить P_p^{10} и Φ_p^{10} , рассчитать динамическую составляющую погрешности приемника анализатора при изменении ослабления Att11дБ с 5 дБ до 10 дБ и ослаблении Att110дБ ноль дБ по формуле (10):

$$\Delta d_{10i} = (P_v^5 - P_v^{10}) - (P_p^5 - P_p^{10}), \quad (10)$$

где $i = 0$ – соответствует ($i \times 10$) ослаблению Att.110 дБ.

Рассчитать погрешность измерения фазы приемником анализатора по формуле (11):

$$\Delta \phi_{10i} = \Phi_p^{10} - K_5 - K_{10} - K_i, \quad (11)$$

где $i = 0$ – соответствует ($i \times 10$) ослаблению Att110дБ; K_5 – значение набега фазы на Att11дБ при ослаблении 5 дБ; K_{10} – значение набега фазы на Att11дБ при ослаблении 10 дБ; K_i – значение набега фазы на Att110дБ при ослаблении ($i \times 10$) дБ.

Значения Δd_{10i} и $\Delta \phi_{10i}$ занести в протокол.

Установить на Att11дБ нулевое ослабление, а на Att110дБ ослабление 10 дБ ($i = 1$). Медленно вращая ручку уровня мощности источника сигнала анализатора установить уровень мощности на входе приемника анализатора равным P_p^{10} .

Описанные выше операции настоящей методики последовательно повторить для i от 2 до 14 с шагом 1. При этом будет определена динамическая составляющая погрешности измерений уровня и фазы сигнала приемником измерительного порта анализатора в диапазоне от плюс 10 дБ до минус 100 дБ с шагом 5 дБ.

Повторить измерения для каждого измерительного порта анализатора.

Результаты поверки считать удовлетворительными, если значения динамической составляющей погрешности измерений уровня и фазы сигнала всеми приемниками анализатора на частоте 1 МГц находятся в допустимых пределах, приведенных в приложении А.

7.12 Определение неисправленных характеристик анализатора

Привести анализатор в исходное состояние. Для этого нажать клавишу «Preset» на передней панели анализатора. Выбрать пункт «Standard preset» в появившемся контекстном меню.

Убедиться в том, что анализатор не использует в процессе измерений данных, полученных в результате калибровок. Для этого нажать клавишу «Cal» на передней панели анализатора. Выбрать пункт «Correction» появившегося на экране анализатора контекстного меню. Убедиться, что в строке появившегося контекстного меню «Channel Correction»

установлено значение «Off». В противном случае установить это значение, выбрав строку «Channel Correction».

Перевести анализатор в режим свипирования по выбранным пользователем значениям частоты. Для этого нажать клавишу «Sweep» на передней панели анализатора. Выбрать пункт «Sweep type» появившегося на экране анализатора контекстного меню. В появившемся окне (см. рисунок 1) выбрать пункт «Segment Sweep».

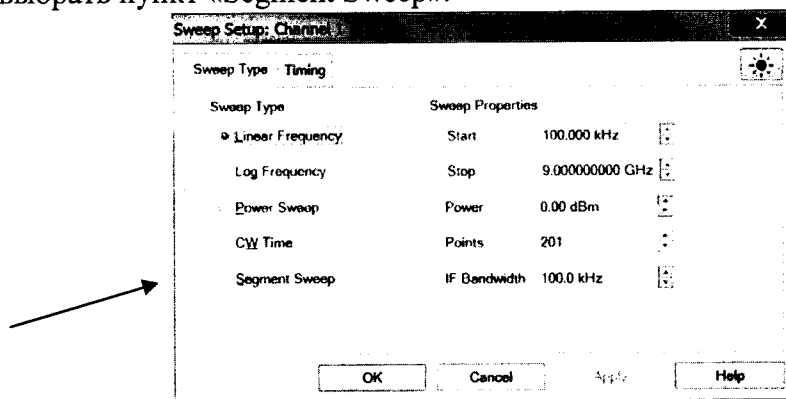


Рисунок 1 – Вид окна «Sweep Setup»

Повторно нажать клавишу «Sweep». Выбрать пункт «Segment Table» появившегося контекстного меню. Согласно РЭ при помощи клавиш и органов управления на передней панели анализатора привести таблицу к виду, соответствующему таблице 1 для опций 245 и 445, таблице 2 для опций 265 и 465, таблице 3 для опций 295 и 495.

Таблица 1 – Вид таблицы «Segment Table»

	State	Start	Stop	Points
1	ON	9.0 kHz	9.0 kHz	1
2	ON	10.0 MHz	10.0 MHz	1
3	ON	1.0 GHz	1.0 GHz	1
4	ON	2.0 GHz	2.0 GHz	1
5	ON	4.5 GHz	4.5 GHz	1

Таблица 2 – Вид таблицы «Segment Table»

	State	Start	Stop	Points
1	ON	9.0 kHz	9.0 kHz	1
2	ON	10.0 MHz	10.0 MHz	1
3	ON	2.0 GHz	2.0 GHz	1
4	ON	4.0 GHz	4.0 GHz	1
5	ON	6.5 GHz	6.5 GHz	1

Таблица 3 – Вид таблицы «Segment Table»

	State	Start	Stop	Points
1	ON	9.0 kHz	9.0 kHz	1
2	ON	10.0 MHz	10.0 MHz	1
3	ON	1.0 GHz	1.0 GHz	1
4	ON	5.0 GHz	5.0 GHz	1
5	ON	9.0 GHz	9.0 GHz	1

Присоединить к первому измерительному порту меру типа «Холостой ход» («Open») из состава набора мер 85032F. Провести измерения коэффициента отражения меры $S_{11}(f)_{OPEN}$ согласно РЭ анализатора. Результаты измерений сохранить в виде файла данных «Trase (Open.s2p)».

Присоединить к первому измерительному порту меру типа «Короткое замыкание» («Short») из состава набора мер 85032F. Провести измерения коэффициента отражения меры S11(f)SHORT согласно РЭ анализатора. Результаты измерений сохранить в виде файла данных «Trase (SHORT.s2p)».

Присоединить к первому измерительному порту меру типа «Согласованная нагрузка» («Match») из состава набора мер 85032F. Провести измерения коэффициента отражения меры S11(f)MATCH согласно РЭ анализатора. Результаты измерений сохранить в виде файла данных «Trase (MATCH.s2p)».

Получить данные о технических характеристиках мер из состава набора 85032F. Для этого либо открыть лист технических характеристик мер, выполнив переход по электронному адресу <http://na.support.keysight.com/pna/caldefs/PNA/85032F.htm>, либо открыть файлы с характеристиками мер из памяти анализатора согласно РЭ (нажать клавишу «Cal» на передней панели анализатора, выбрать пункт «Cal Kit» появившегося на экране контекстного меню, в появившемся окне выбрать строку с названием набора мер, далее – в появившейся вкладке выбрать меру).

Рассчитать для каждой частоты из файла данных S11(f)OPEN значение коэффициента отражения меры по формуле (12)*:

$$|\Gamma(f)_{OPEN}| = \left| \frac{1 - j \cdot 2\pi \cdot f \cdot Z_0 \cdot C_e(f)}{1 + j \cdot 2\pi \cdot f \cdot Z_0 \cdot C_e(f)} \right|, \quad (12)$$

где Z_0 – волновое сопротивление тракта (50 Ом),

j – квадратный корень из минус 1,

$C_e(f)$ – характеристическая емкость меры, которая рассчитывается по формуле:

$$C_e(f) = C_0 + C_1 \cdot f + C_2 \cdot f^2 + C_3 \cdot f^3, \quad (13)$$

где коэффициенты C_i – характеристика меры

*Примечание: для наборов мер, охарактеризованных не в полиномиальной, а в data-based модели представления данных расчет $|\Gamma(f)_{OPEN}|$ не требуется. Необходимо получить файлы с характеристиками мер с прилагаемого к набору flash-носителя информации, затем найти в файле данных (формата «частота – модуль коэффициента отражения – фаза коэффициента отражения») соответствующей меры строку с требуемым значением частоты.

Рассчитать для каждой частоты из файла данных S11(f)SHORT значение модуля коэффициента отражения меры типа «Короткое замыкание» по формуле (14) **::

$$|\Gamma(f)_{SHORT}| = \left| \frac{j \cdot 2\pi \cdot f \cdot L_e(f) - Z_0}{j \cdot 2\pi \cdot f \cdot L_e(f) + Z_0} \right|, \quad (14)$$

где Z_0 – волновое сопротивление тракта (50 Ом),

j – квадратный корень из минус 1,

$L_e(f)$ – характеристическая индуктивность меры, которая рассчитывается по формуле (15):

$$L_e(f) = L_0 + L_1 \cdot f + L_2 \cdot f^2 + L_3 \cdot f^3, \quad (15)$$

где коэффициенты L_i – характеристика меры.

**Примечание: для наборов мер, охарактеризованных не в полиномиальной, а в data-based модели представления данных расчет $|\Gamma(f)_{SHORT}|$ не требуется. Необходимо получить файлы с характеристиками мер с прилагаемого к набору flash-носителя информации, затем найти в файле данных (формата «частота – модуль коэффициента отражения – фаза коэффициента отражения») соответствующей меры строку с требуемым значением частоты.

Рассчитать значения направленности e_{00} для каждой частоты файла данных по формуле (16):

$$e_{00} = |S11(f)_{MATCH}|. \quad (16)$$

Рассчитать значения согласования источника e_{10} для каждой из частот по формуле (17):

$$e_{10}(f) = \left| \frac{(\Gamma(f)_{OPEN} - \Gamma(f)_{SHORT}) \cdot (S11(f)_{OPEN} - S11(f)_{MATCH}) \cdot (S11(f)_{SHORT} - S11(f)_{MATCH})}{\Gamma(f)_{OPEN} \cdot \Gamma(f)_{SHORT} \cdot (S11(f)_{OPEN} - S11(f)_{SHORT})} \right|. \quad (17)$$

Рассчитать согласование нагрузки e_{11} для каждой из частот по формуле (18):

$$e_{11}(f) = \left| \frac{(\Gamma(f)_{SHORT})(S11(f)_{OPEN} - S11(f)_{MATCH}) - (\Gamma(f)_{OPEN}) \cdot (S11(f)_{SHORT} - S11(f)_{MATCH})}{\Gamma(f)_{OPEN} \cdot \Gamma(f)_{SHORT} \cdot (S11(f)_{OPEN} - S11(f)_{SHORT})} \right|. \quad (18)$$

Перевести результаты вычислений направленности e_{00} , согласования источника e_{10} и согласования нагрузки e_{11} в дБ по формуле (19):

$$e[dB] = 10 \cdot \lg(e[ed.]). \quad (19)$$

Повторить измерения для всех измерительных портов анализатора цепей.

Результаты поверки считать положительными, если рассчитанные значения направленности e_{00} , согласования источника e_{10} и согласования нагрузки e_{11} не более значений, указанных в приложении А.

7.13 Определение значений абсолютной погрешности измерений коэффициента передачи (амплитуда и фаза) и значений абсолютной погрешности измерений коэффициента отражения (амплитуда и фаза)

Определение значений абсолютной погрешности измерений коэффициента передачи (амплитуда и фаза) и значений абсолютной погрешности измерений коэффициента отражения (амплитуда и фаза) провести при помощи программы «System Verification» из состава программного обеспечения анализатора.

Подключить используемые с анализатором кабели к измерительным портам анализатора (при необходимости).

Внимание! Перед проведением работ анализатор должен быть включен и выдержан в нормальных условиях эксплуатации в течении не менее чем 90 минут.

Выполнить полную калибровку анализатора. Для калибровки анализатора использовать набор мер коэффициентов передачи и отражения 85032F.

На анализаторе запустить программу «System Verification». Выполнять указания по подключению и отключению мер и устройств, указанных в программе. Для каждого устройства (верификационной меры) анализатор считывает данные из приложенного к нему диска и последовательно измеряет амплитудные и фазовые составляющие всех четырех S параметров.

Внимание! Для получения корректных результатов верификационные меры необходимо подключать со стороны соединителя «розетка» к портам 1 или 3, со стороны соединителя «вилка» к портам 2 или 4.

Внимание! Наборы верификационных мер от производителей других компаний программой «System Verification» не поддерживаются. В этом случае их использование возможно только в режиме измерений с последующим расчетом погрешности измерений.

Подключить магнитный диск (флеш накопитель) к анализатору.

Нажать «UTILITY», затем «Service», затем «System Verification».

Вид диалогового окна представлен на рисунке 2.

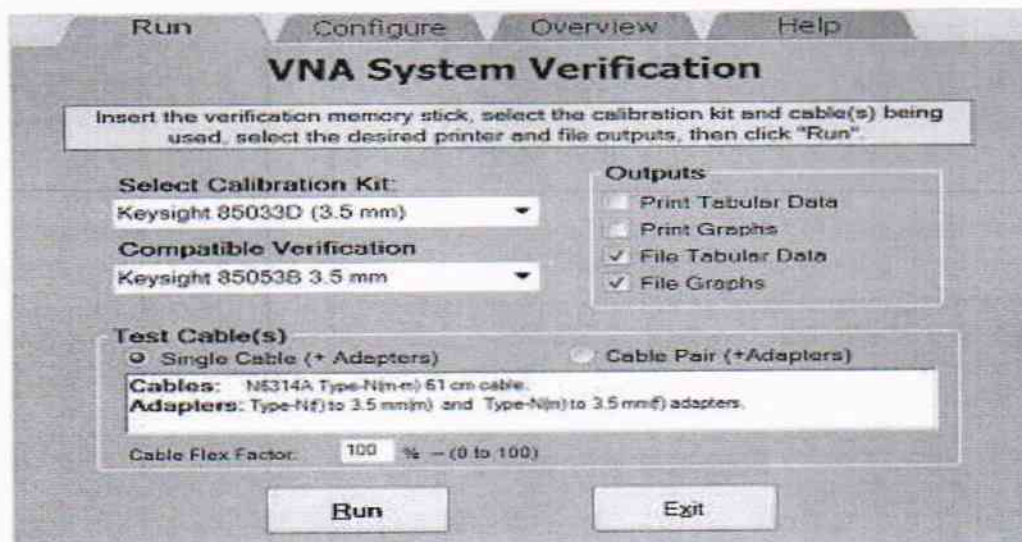


Рисунок 2 - Определение значений абсолютной погрешности измерений коэффициента передачи и коэффициента отражения

В окне «System Verification», подменю «Run», выбрать тип используемых калибровочного и верификационного наборов («Calibration Kit», «Verification Kit») и измерительных кабелей и переходов (при необходимости).

Выбрать способ представления результатов тестирования (печать данных в виде таблиц/ печать графиков/сохранение данных в файл «C:\Program Files\Agilent\Network Analyzer\Documents\ directory». /сохранение графиков в файл «C:\Program Files\Agilent\Network Analyzer\Documents\ directory».).

Нажать «Run».

В соответствии с инструкциями, выдаваемыми программой выполнить полную калибровку или использовать данные предыдущих калибровок.

В соответствии с инструкциями, выдаваемыми программой подключать запрашиваемые меры из состава верификационного комплекта.

Результаты измерений распечатать в виде, удобном для анализа.

Результаты поверки считать удовлетворительными, если погрешность измерений S параметров мер из состава верификационного комплекта находится в допускаемых пределах, приведенных в приложении А, во всем диапазоне рабочих частот анализатора.

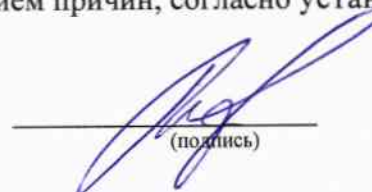
8. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

8.1 Результаты поверки оформить протоколом.

8.2 При положительных результатах поверки оформить «Свидетельстве о поверке», в соответствии с установленным порядком.

8.3 При отрицательных результатах поверки оформляется Извещение о непригодности к применению на анализатор в целом с указанием причин, согласно установленному порядку.

Начальник 86 отдела НИО-8
ФГУП «ВНИИФТРИ»


(подпись)

В.Л. Воронов

Приложение А

Наименование характеристики	Значение
Количество измерительных портов	2 или 4
Тип коаксиального соединителя измерительного порта	N-тип, розетка
Диапазон рабочих частот: -опция 245, 445 -опция 265, 465 -опция 295, 495	от 9 кГц до 4,5 ГГц от 9 кГц до 6,5 ГГц от 9 кГц до 9 ГГц
Динамический диапазон при полосе пропускания фильтра ПЧ 10 Гц, дБ, в диапазоне частот: от 9 кГц до 100 кГц от 100 кГц до 50 МГц от 50 МГц до 6 ГГц от 6 ГГц 8,5 ГГц от 8,5 ГГц до 9 ГГц	120 129 135 132 120

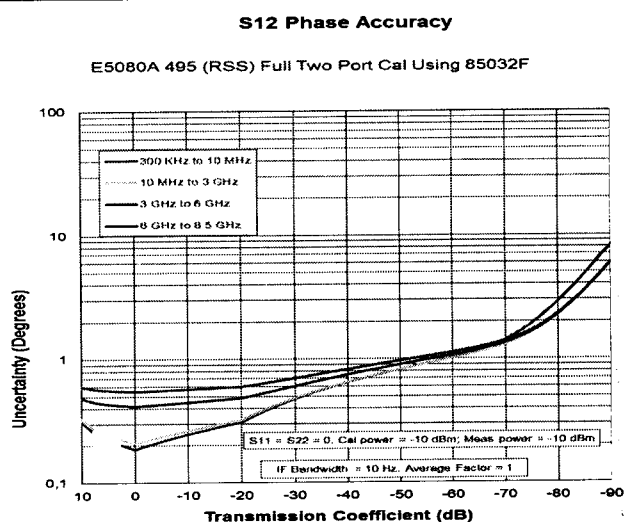
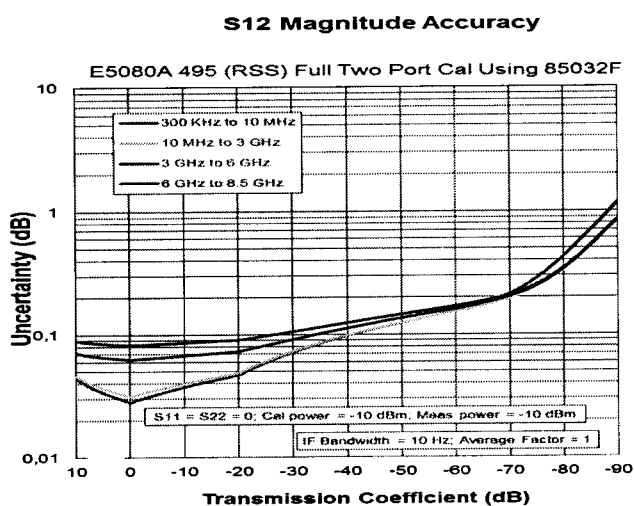
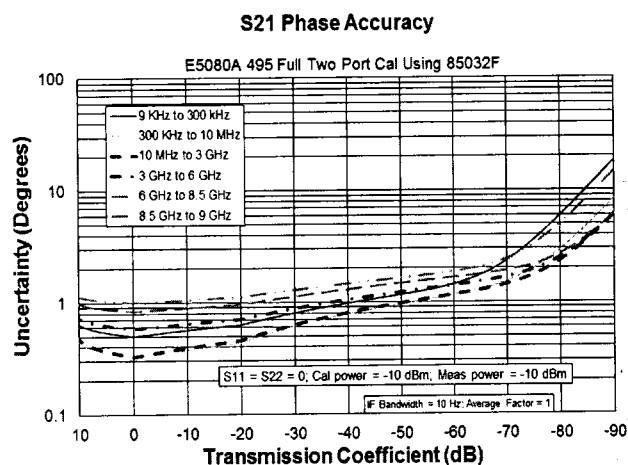
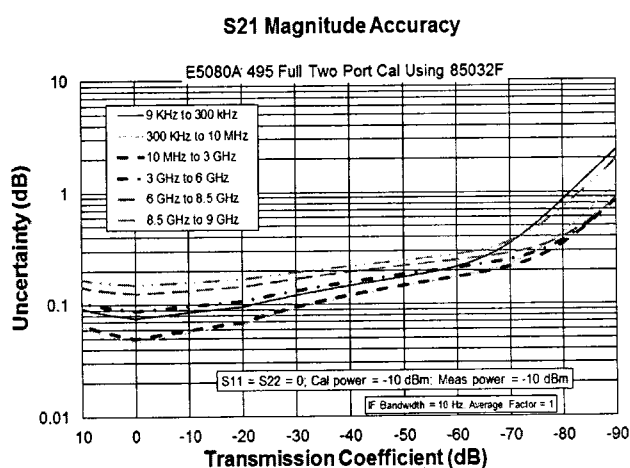
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений в динамическом диапазоне		
Уровень устанавливаемой мощности, дБ исх. 1 мВт	Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений уровня мощности сигнала на частотах 1 МГц и 1,195 ГГц, дБ	Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений фазы сигнала на частоте 1 МГц, ...°
плюс 10	± 0,207	± 5,03
плюс 5	± 0,075	± 0,85
0	± 0,042	± 0,30
минус 5	± 0,030	± 0,20
минус 10	± 0,025	± 0,16
минус 15	± 0,029	± 0,19
минус 20	± 0,034	± 0,23
минус 30	± 0,045	± 0,30
минус 40	± 0,070	± 0,46
минус 50	± 0,096	± 0,64
минус 60	± 0,122	± 0,81
Пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты: Стандартная комплектация Опция 1Е5		± 7·10 ⁻⁶ ± 0,45·10 ⁻⁶
Максимальный уровень устанавливаемой мощности на выходе измерительного порта, дБ исх. 1 мВт: от 9 до 100 кГц от 100 кГц до 50 МГц от 50 МГц до 6 ГГц от 6 до 8,5 ГГц от 8,5 до 9 ГГц		10 12 15 12 8
Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки мощности на выходе измерительного порта (в режиме пошагового свипирования), дБ, в диапазоне частот: от 9 до 50 кГц от 50 кГц до 9 ГГц		± 2,0 ± 1,5
Нелинейность амплитудной характеристики синтезатора частот (при значениях мощности от минус 20 дБ исх. 1 мВт до максимальной мощности) от 9 до 50 кГц, дБ		± 0,75
Уровень собственных шумов приемника при полосе фильтра ПЧ 1 Гц, дБ исх. 1 мВт / 1 Гц, не более, в диапазоне частот: от 9 до 100 кГц от 100 кГц до 50 МГц от 50 МГц до 6 ГГц от 6 до 8,5 ГГц от 8,5 до 9 ГГц		минус 120 минус 127 минус 130 минус 130 минус 122
Случайная составляющая погрешности измерений коэффициентов передачи и отражения (шумы трассы)		

Диапазон частот / полоса фильтра ПЧ	Коэффициент отражения		Коэффициент передачи	
	СКО амплитуды, дБ, не более	СКО фазы, ...°, не более	СКО амплитуды, дБ, не более	СКО фазы, ...°, не более
от 9 кГц до 30 кГц / 1 кГц	0,003	0,06	0,004	0,03
от 30 кГц до 100 кГц / 1 кГц	0,0015	0,035	0,003	0,02
от 100 кГц до 10 МГц / 1 кГц	0,0015	0,02	0,003	0,01
от 10 МГц до 1,5 ГГц / 10 кГц	0,0015	0,02	0,003	0,01
от 1,5 до 6 ГГц / 10 кГц	0,0015	0,01	0,0015	0,01
от 6 до 9 ГГц / 10 кГц	0,002	0,02	0,002	0,02

Неисправленные характеристики анализаторов (без использования калибровочных наборов)

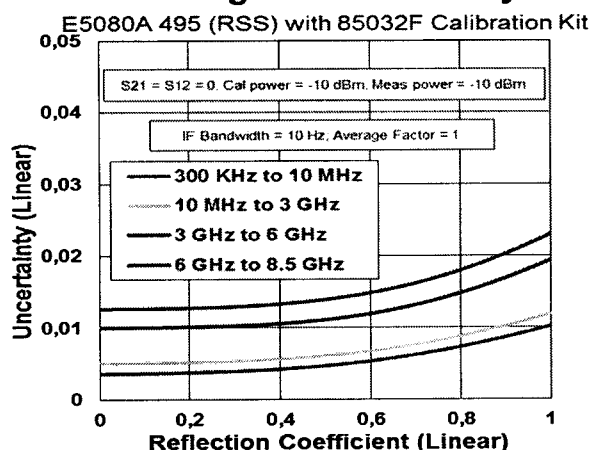
Диапазон частот	Направленность, дБ, не более	Согласование источника, дБ, не более	Согласование нагрузки, дБ, не более
от 9 кГц до 50 кГц	минус 20	минус 20	минус 8
от 50 кГц до 300 кГц	минус 20	минус 20	минус 12
от 300 кГц до 3 ГГц	минус 25	минус 25	минус 17
от 3 до 6 ГГц	минус 20	минус 20	минус 12
от 6 до 8,5 ГГц	минус 15	минус 15	минус 10
от 8,5 до 9 ГГц	минус 15	минус 15	минус 8

Пределы допускаемых значений абсолютной погрешности измерений коэффициента передачи (амплитуда и фаза)

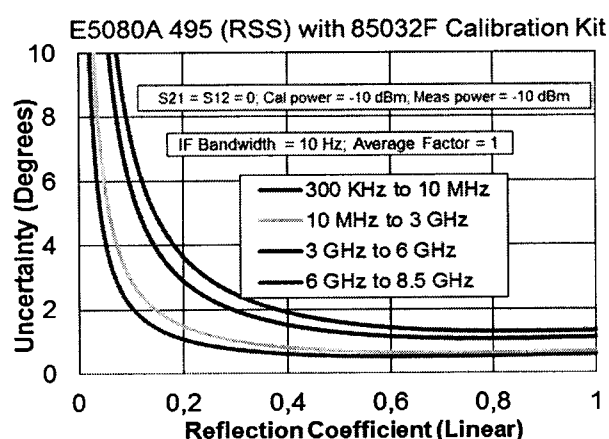


Для анализаторов с опцией 445, 465 и 495 пределы абсолютной погрешности измерений

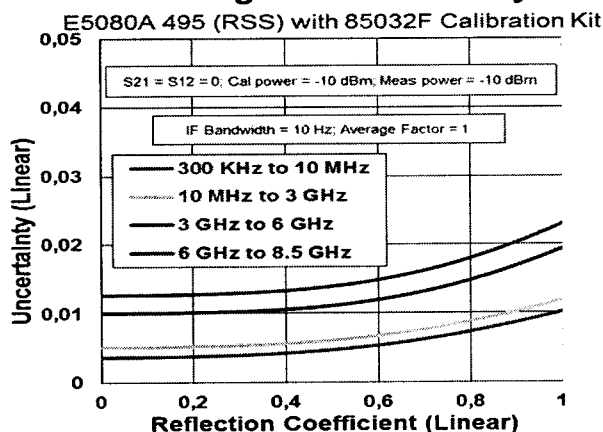
коэффициента передачи S31 и S41 не превышают значений указанных для S21 и S12, соответственно
 Пределы допускаемых значений абсолютной погрешности измерений коэффициента отражения
 (амплитуда и фаза)

S11 Magnitude Accuracy

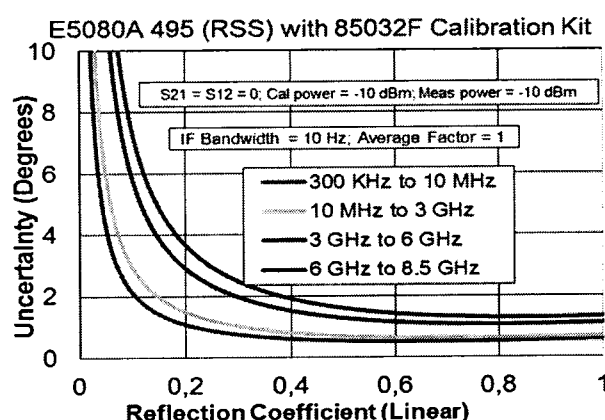
Амплитуда

S11 Phase Accuracy

Фаза

S22 Magnitude Accuracy

Амплитуда

S22 Phase Accuracy

Фаза

Для анализаторов с опцией 445, 465 и 495 пределы абсолютной погрешности измерений коэффициента отражения S33 и S44 не превышают значений указанных для S11 и S22, соответственно

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	E5080A Network Analyzer Firmware (E5080A Firmware Revision A.11.00.08
Номер версии (идентификационный номер) ПО	A.11.00.08 (не ниже)
Цифровой идентификатор ПО (контрольная сумма)	-
Алгоритм вычисления цифрового идентификатора ПО	-