



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ПРИКЛАДНОЙ МЕТРОЛОГИИ – РОСТЕСТ»
(ФБУ «НИЦ ПМ – РОСТЕСТ»)**

СОГЛАСОВАНО

Заместитель генерального директора



А.Д. Меньшиков

«19» декабря 2025 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

**АНАЛИЗАТОР ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ И СИГНАЛОВ
КОМБИНИРОВАННЫЙ ПОРТАТИВНЫЙ
FieldFox N9951A**

Методика поверки

РТ-МП-2016-441-2025

г. Москва
2025 г.

1 Общие положения

Настоящая методика поверки применяется для поверки анализатора электрических цепей и сигналов комбинированного портативного FieldFox N9951A (далее – анализатора), используемого в качестве рабочего средства измерений.

При определении метрологических характеристик в рамках проводимой поверки обеспечивается:

- передача единицы частоты в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 26 сентября 2022 г. № 2360, подтверждающей прослеживаемость к государственному первичному эталону ГЭТ 1-2022;

- передача единицы мощности электромагнитных колебаний в волноводных и коаксиальных трактах в диапазоне частот от 9 кГц до 37,5 ГГц в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 30 декабря 2019 г. № 3461, подтверждающей прослеживаемость к государственному первичному эталону ГЭТ 26-2010;

- передача единицы мощности электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 37,5 до 44 ГГц в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 9 ноября 2022 г. № 2813, подтверждающей прослеживаемость к государственному первичному эталону ГЭТ 167-2021;

- передача единицы комплексных коэффициентов отражения и передачи в коаксиальных волноводах в диапазоне частот от 0 до 44 ГГц в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 16 августа 2023 г. № 1678, подтверждающей прослеживаемость к государственному первичному эталону ГЭТ 75-2023.

При определении метрологических характеристик поверяемого средства измерений используется метод прямых измерений.

В результате поверки должны быть подтверждены метрологические требования, приведенные в приложении А настоящей методики поверки.

2 Перечень операций поверки средства измерений

2.1 При проведении поверки выполняют операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер пункта методики поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
1	2	3	4
Внешний осмотр средства измерений	Да	Да	7
Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Да	Да	8.1
Опробование (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Да	Да	8.3
Проверка программного обеспечения средства измерений	Да	Да	9
Определение метрологических характеристик средства измерений	-	-	10
Определение относительной погрешности частоты опорного генератора	Да	Да	10.1
Определение абсолютной погрешности измерений мощности	Да	Да	10.2

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
Определение спектральной плотности мощности фазовых шумов	Да	Да	10.3
Определение среднего уровня собственных шумов	Да	Да	10.4
Определение относительного уровня помех, обусловленных интермодуляционными искажениями третьего порядка, выраженного в виде точки пересечения третьего порядка	Да	Да	10.5
Определение абсолютной погрешности измерений коэффициента отражения	Да	Да	10.6
Определение абсолютной погрешности измерений коэффициента передачи	Да	Да	10.7
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	11

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться нормальные условия, установленные ГОСТ 8.395-80 «Государственная система обеспечения единства измерений. Нормальные условия измерений при поверке. Общие требования»:

- температура окружающей среды, °C от 18 до 28;
- относительная влажность воздуха, % от 30 до 80.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 К проведению поверки анализатора допускаются специалисты, имеющие необходимую квалификацию, освоившие работу с анализатором и применяемыми средствами поверки, изучившие настоящую методику поверки.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки анализатора применяют средства поверки, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Средства поверки

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
1	2	3
8.1 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне от плюс 15 °C до плюс 25 °C с абсолютной погрешностью $\pm 0,3$ °C Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 30 % до 80 % с абсолютной погрешностью $\pm 3,0$ %	Термогигрометр UNITESS THB 1, per № 70481-18

Продолжение таблицы 2

1	2	3
10.1 Определение относительной погрешности частоты опорного генератора	Эталоны единицы частоты, соответствующие требованиям к рабочим эталонам не ниже 3 разряда в соответствии с ГПС, утвержденной приказом Росстандарта № 2360 от 26.09.2022, частота 10 МГц	Стандарт частоты рубидиевый GPS-12RG, рег № 70172-18
	Средства измерений частоты 10 МГц	Частотомер универсальный CNT-90, рег. № 41567-09
10.2 Определение абсолютной погрешности измерений мощности	Эталоны единицы мощности электромагнитных колебаний, соответствующие требованиям к рабочим эталонам не ниже 2 разряда в диапазоне частот от 30 МГц до 37,5 ГГц и не ниже 3 разряда в диапазоне частот от 9 кГц до 30 МГц в соответствии с ГПС, утвержденной приказом Росстандарта от 30.12.2019 № 3461, в диапазоне значений мощности от минус 35 до 20 дБ (1 мВт)	Преобразователь измерительный NRP-Z57, рег № 48356-11
	Эталоны единицы мощности электромагнитных колебаний, соответствующие требованиям к рабочим эталонам не ниже 1 разряда в соответствии с ГПС, утвержденной приказом Росстандарта от 09.11.2022 № 2813, в диапазоне значений мощности от минус 35 до 20 дБ (1 мВт), в диапазоне частот от 37,5 до 44 ГГц	
	Средства воспроизведения синусоидального сигнала в диапазоне частот от 9 кГц до 44 ГГц; уровнем мощности выходного сигнала минус 10 дБ (1 мВт)	Генератор сигналов SMA100B с опцией B167, рег № 68980-20
10.4 Определение спектральной плотности мощности фазовых шумов	Средства воспроизведения синусоидального сигнала на частоте 1 ГГц с уровнем мощности выходного сигнала 0 дБ (1 мВт), спектральная плотность мощности фазовых шумов при отстройках 0,01 / 0,03 / 0,1 / 1 / 3 / 5 МГц не более -106 / -106 / -100 / -110 / -119 / -120 дБ относительно несущей в полосе 1 Гц	Генератор сигналов SMA100B с опцией B167, рег № 68980-20
10.5 Определение относительного уровня помех, обусловленных интермодуляционными искажениями третьего порядка, выраженного в виде точки пересечения третьего порядка	Средства воспроизведения синусоидального сигнала в диапазоне частот от 2,3 до 2,5 ГГц, уровнем мощности от минус 10 до 0 дБ (1 мВт).	Генераторы сигналов SMA100B с опцией B167, рег № 68980-20; Генераторы сигналов векторные SMM100A с опцией B1044, рег № 82791-21

Продолжение таблицы 2

1	2	3
10.6 Определение абсолютной погрешности измерений коэффициента отражения	Эталоны единицы комплексных коэффициентов отражения и передачи, соответствующие требованиям к вторичным эталонам в соответствии с ГПС, утвержденной приказом Росстандарта от 16.08.2023 № 1678, меры КСВ 1,2; 2,0	Преобразователь измерительный NRP-Z57, рег № 48356-11
10.7 Определение абсолютной погрешности измерений коэффициента передачи	Эталоны единицы комплексных коэффициентов отражения и передачи, соответствующие требованиям к вторичным эталонам в соответствии с ГПС, утвержденной приказом Росстандарта от 16.08.2023 № 1678, коэффициент передачи от 10 до 30 дБ	
Примечание – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.		

Таблица 3 – Вспомогательное оборудование

Номер пункта документа по поверке	Наименование вспомогательного оборудования	Требуемые технические характеристики вспомогательного оборудования	Рекомендуемое вспомогательное оборудование
10.4	Нагрузка согласованная 50 Ом	Диапазон частот от 9 кГц до 44 ГГц	Нагрузка согласованная НС4-50-05Р
10.5	Делитель мощности резистивный	Частота 2,4 ГГц КСВН не более 1,3	Делитель мощности ДМ2А-50-05Р
	Аттенюатор коаксиальный (2 шт.)	Частота 2,4 ГГц, ослабление (10 ± 1) дБ	Аттенюатор коаксиальный Д2М-50-10-05Р-05

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При проведении поверки необходимо соблюдать:

- общие правила техники безопасности в соответствии с требованиями Межгосударственного стандарта ГОСТ 12.2.003-91 «Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности»;
- «Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок», утвержденные Приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 15 декабря 2020 г. № 903н «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок»;
- указания по технике безопасности, приведенные в эксплуатационной документации на средства поверки;
- указания по технике безопасности, приведенные в эксплуатационной документации на анализатор.

6.2 К проведению поверки допускаются специалисты, изучившие требования безопасности по ГОСТ 22261-94 «Межгосударственный стандарт. Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия. с Изменением №1» и ГОСТ ИЕС 61010-1-2014 «Безопасность электрических контрольно-измерительных приборов и лабораторного оборудования. Часть 1. Общие требования», имеющие 3 группу допуска по электробезопасности и прошедшие инструктаж по технике безопасности на рабочем месте.

6.3 На рабочем месте должны быть приняты меры по обеспечению защиты от воздействия статического электричества.

7 Внешний осмотр средства измерений

7.1 При проведении внешнего осмотра установить соответствие анализатора следующим требованиям:

- внешний вид соответствует фотографиям, приведенным в описании типа на данное средство измерений;
- наличие маркировки, подтверждающей тип и серийный номер;
- наличие пломб от несанкционированного доступа, установленных в местах согласно описанию типа на данное средство измерений;
- наружная поверхность не имеет следов механических повреждений, которые могут влиять на работу прибора и его органов управления;
- отсутствуют шумы внутри корпуса, обусловленные наличием незакрепленных деталей;
- отсутствуют механические повреждения соединителей (вмятины, забоины, отслаивания покрытия) и заусенцы на контактных и токонесущих поверхностях;
- отсутствуют посторонние частицы в соединителях.

7.2 Результаты выполнения операции считать положительными, если выполняются вышеуказанные требования.

Установленный факт отсутствия пломб от несанкционированного доступа при периодической поверке не является критерием неисправности средства измерения и носит информативный характер для производителя средства измерений и сервисных центров, осуществляющих ремонт.

7.3 При получении отрицательных результатов по данной операции процедуру поверки необходимо прекратить, результаты поверки оформить в соответствии с разделом 12 данной методики поверки.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Контроль условий поверки

8.1.1 Проверить соблюдение условий проведения поверки на соответствие разделу 3 настоящей методики поверки.

8.1.2 Для контроля условий проведения поверки использовать средство измерений температуры окружающей среды и средство измерений относительной влажности воздуха, указанные в таблице 2.

8.2 Подготовка к поверке

8.2.1 Ознакомиться с порядком установки анализатора на рабочее место, порядком включения и управления анализатором, приведенными в руководстве для пользователя «Анализаторы электрических цепей и сигналов комбинированные портативные Keysight FieldFox».

8.2.2 Выдержать анализатор в выключенном состоянии в условиях проведения поверки не менее двух часов, если он находился в отличных от них условиях.

8.2.3 Подключить анализатор к сети питания. Включить анализатор согласно руководству для пользователя. Выдержать анализатор во включенном состоянии не менее 30 минут.

8.2.4 Выдержать средства поверки во включенном состоянии в течение времени,

указанного в их руководствах по эксплуатации.

8.3 Опробование

Включить анализатор, дождаться загрузки встроенного программного обеспечения. Проверить возможность переключения между режимами измерений.

Результаты опробования считать положительными, если на анализаторе после включения не появляются сообщения об ошибках, осуществляется переключение между режимами измерений.

При получении отрицательных результатов по данной операции, процедуру поверки необходимо прекратить, результаты поверки оформить в соответствии с разделом 12 данной методики поверки

9 Проверка программного обеспечения

9.1 Идентификационное наименование программного обеспечения (ПО) отображается на загрузочной заставке при включении анализатора. Номер версии ПО анализатора и информация об установленных опциях отображаются в системных меню «System configuration» и «Option».

Номер версии ПО должен соответствовать указанному в описании типа на данное средство измерений.

9.2 При получении отрицательных результатов по данной операции, процедуру поверки необходимо прекратить, результаты поверки оформить в соответствии с разделом 12 данной методики поверки.

10 Определение метрологических характеристик средства измерений

10.1 Определение относительной погрешности частоты опорного генератора

10.1.1 Действительное значение частоты опорного генератора $F_{ог}$, МГц, без использования сигналов ГНСС определить путем измерения сигнала внутреннего опорного генератора с номинальной частотой 10 МГц на выходе «Ref/Trig Out» на правой панели прибора при помощи частотомера универсального CNT-90 (далее – частотомера), работающего от стандарта частоты рубидиевого GPS-12RG (далее – стандарта частоты).

Вычислить относительную погрешность частоты опорного генератора $\delta_{ог}$ без использования сигналов ГНСС по формуле

$$\delta_{ог} = \frac{F_{ог}}{10} - 1. \quad (1)$$

Результаты поверки по данному пункту считать положительными, если значения $\delta_{ог}$ укладываются в пределы $\pm 1,7 \cdot 10^{-6}$.

10.1.2 Подключить GPS-антенну к разъему «GPS Ant» на верхней панели анализатора. Разместить GPS-антенну в месте стабильного приема сигналов ГНСС. В меню «GNSS (GPS+)» анализатора включить ГНСС-приемник и установить источник опорной частоты «GPS». Дождаться установления приема сигналов ГНСС.

Действительное значение частоты опорного генератора $F_{ог}$, МГц, с использованием сигналов ГНСС определить аналогично пункту 10.1.1.

Вычислить $\delta_{ог}$ с использованием сигналов ГНСС по формуле (1).

Результаты поверки по данному пункту считать положительными, если значения $\delta_{ог}$ с использованием сигналов ГНСС укладываются в пределы $\pm 1 \cdot 10^{-8}$.

10.2 Определение абсолютной погрешности измерений мощности

Определение абсолютной погрешности измерений мощности проводится методом прямых измерений с помощью генератора и преобразователя по схеме, изображенной на рисунке 1.

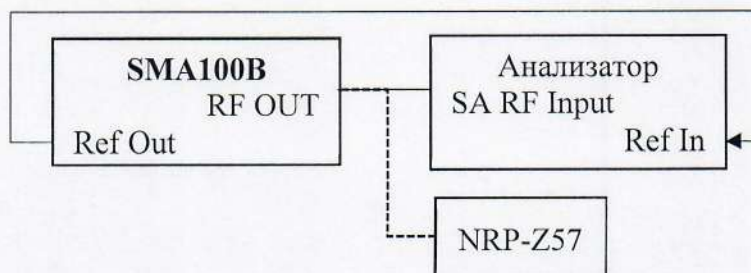


Рисунок 1

На анализаторе установить центральную частоту 50 МГц, полосу обзора 1 МГц, полосу узкополосного фильтра (далее – RBW) 300 кГц, ослабление внутреннего аттенюатора 0 дБ, режим работы от внешнего опорного источника.

Подключить преобразователь к срезу кабеля от генератора. На генераторе установить частоту 50 МГц, уровень мощности минус 10 дБ (1 мВт) по показаниям преобразователя P_{NRP} , дБ (1 мВт).

Подключить срез кабеля ко входу анализатора.

Провести измерение уровня мощности маркером анализатора P_A , дБ (1 мВт).

Рассчитать абсолютную погрешность измерений мощности ΔP , дБ, по формуле

$$\Delta P = P_A - P_{NRP}. \quad (2)$$

Повторить измерения при ослаблении внутреннего аттенюатора 10 дБ не менее чем на пяти частотах поддиапазонов из таблицы 4, включая крайние частоты.

Таблица 4 – Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений мощности

Диапазон частот	Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений мощности, дБ
от 9 до 100 кГц включ.	$\pm 1,6$
св. 100 кГц до 2 МГц включ.	$\pm 1,3$
св. 2 до 15 МГц включ.	$\pm 1,0$
св. 15 МГц до 32 ГГц включ.	$\pm 0,8$
св. 32 до 40 ГГц включ.	$\pm 0,9$
св. 40 до 43 ГГц включ.	$\pm 1,3$
св. 43 до 44 ГГц	$\pm 1,4$

Результаты поверки по данному пункту считать положительными, если значения ΔP не превышают пределов $\pm 0,45$ дБ на частоте 50 МГц и пределов, указанных в таблице 4, на остальных частотах.

10.3 Определение спектральной плотности мощности фазовых шумов

Определение спектральной плотности мощности фазовых шумов относительно несущей 1 ГГц в полосе пропускания 1 Гц проводится методом прямых измерений с помощью генератора.

Соединить выход генератора и вход анализатора напрямую.

Установить на анализаторе центральную частоту 1 ГГц, полосу обзора 100 кГц, RBW 100 Гц, опорный уровень 0 дБм.

Подать с генератора сигнал с уровнем 0 дБм на частоте 1 ГГц.

Установить маркер анализатора на пик отображаемого сигнала, включить дельта-маркер, ввести отстройку дельта-маркера 10 кГц и перевести маркер в режим измерения шумов.

Зафиксировать действительное значение спектральной плотности мощности фазовых шумов по показаниям дельта-маркера.

Повторить измерения, устанавливая полосу обзора, RBW и отстройку дельта-маркера в соответствии с таблицей 5.

Таблица 5

Отстройка дельта-маркера, МГц	Полоса обзора, МГц	RBW, кГц	Допускаемые значения спектральной плотности мощности фазовых шумов на частоте 1 ГГц, дБ, не более
0,01	0,1	0,1	-106
0,03	0,1	0,1	-106
0,1	0,3	1	-100
1	10	100	-110
3	10	100	-119
5	10	100	-120

Результаты поверки по данному пункту считать положительными, если действительные значения спектральной плотности мощности фазовых шумов на частоте 1 ГГц не более указанных в таблице 5.

10.4 Определение среднего уровня собственных шумов

Определение проводят методом прямых измерений спектральной плотности собственных шумов по показаниям маркера анализатора в режиме измерения шумов в отсутствие входной мощности при помощи согласованной нагрузки 50 Ом.

Установить на анализаторе опорный уровень минус 50 дБм, ослабление входного аттенюатора 0 дБ, начальную частоту 9 кГц, конечную частоту 2 МГц, RBW 100 Гц, предусилитель выключен, режим усреднения трассы, маркер перевести в режим измерения шумов.

Дождаться усреднения трассы и установить маркер на пик. Зафиксировать значение спектральной плотности собственных шумов в полосе пропускания 1 Гц N, дБм.

Повторить измерения во всех диапазонах частот из таблицы 6, установив RBW 100 кГц.

Таблица 6 – Допускаемые значения среднего уровня собственных шумов

Диапазон частот	Средний уровень собственных шумов, дБ (1 мВт), не более
1	2
	предусилитель выключен
от 9 кГц до 2 МГц включ.	-91
св. 2 МГц до 2,1 ГГц включ.	-137
св. 2,1 до 2,8 ГГц включ.	-135
св. 2,8 до 4,5 ГГц включ.	-137
св. 4,5 до 7 ГГц включ.	-134
св. 7 до 13 ГГц включ.	-134
св. 13 до 22 ГГц включ.	-132
св. 22 до 35 ГГц включ.	-130
св. 35 до 40 ГГц включ.	-122
св. 40 до 44 ГГц	-119

Продолжение таблицы 6

1	2
	предусилитель включен
от 9 кГц до 2 МГц включ.	-94
св. 2 МГц до 2,1 ГГц включ.	-153
св. 2,1 до 2,8 ГГц включ.	-151
св. 2,8 до 4,5 ГГц включ.	-153
св. 4,5 до 7 ГГц включ.	-150
св. 7 до 13 ГГц включ.	-146
св. 13 до 22 ГГц включ.	-142
св. 22 до 35 ГГц включ.	-141
св. 35 до 40 ГГц включ.	-136
св. 40 до 44 ГГц	-131

Повторить измерения с включенным предусилителем.

Результаты проверки по данному пункту считать положительными, если значения N не превышают пределов, указанных в таблице 5, на остальных частотах.

10.5 Определение относительного уровня помех, обусловленных интермодуляционными искажениями третьего порядка, выраженного в виде точки пересечения третьего порядка

Определение относительного уровня помех, обусловленных интермодуляционными искажениями третьего порядка, возникающих при подаче на вход анализатора двух сигналов с уровнем минус 20 дБм, с отстройкой по частоте 100 кГц проводится методом прямых измерений с помощью генераторов сигналов SMA100B и SMM100A по схеме, приведенной на рисунке 2.

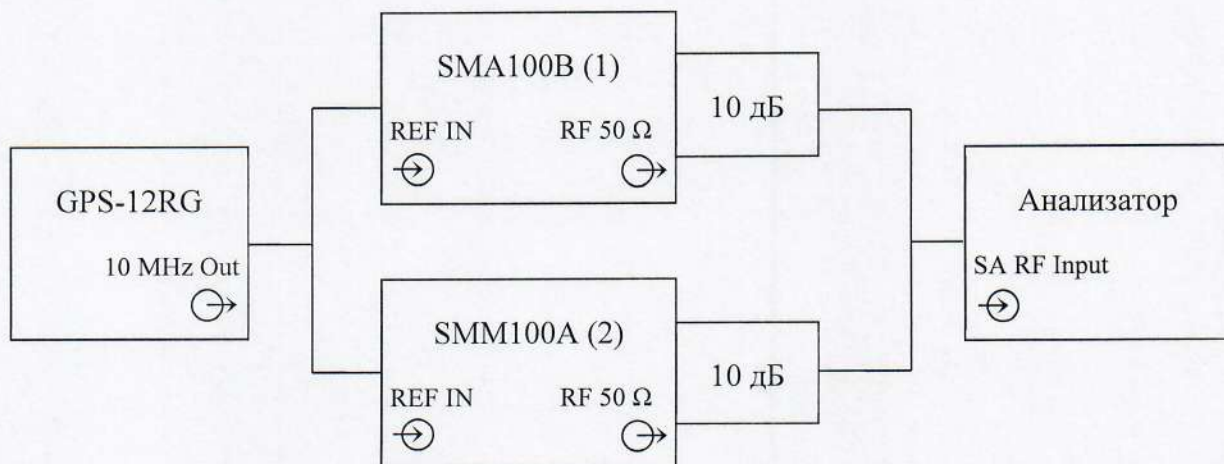


Рисунок 2

На анализаторе установить центральную частоту 2,4 ГГц, полосу обзора 500 кГц.

Установить режим работы генераторов с внешним опорным генератором. Используя органы управления генераторов, установить на одном из них частоту непрерывного сигнала 2,39995 ГГц, на втором – частоту 2,40005 ГГц. Выходной уровень генераторов установить по встроенным индикаторам равным минус 5 дБ (1 мВт). В настройках генераторов отключить систему автоматической регулировки уровня («ALC»). Убедиться, что выходы генераторов отключены.

Выходы генераторов соединить посредством тройника с входом анализатора. Включить выход генератора 1. Убедиться, что на экране анализатора отображается спектр сигнала. Установить маркер анализатора на пик сигнала. Установить уровень выходного сигнала генератора $L_{ВХ}$ минус $(20 \pm 0,5)$ дБ (1 мВт) по показаниям маркера анализатора. Отключить выход генератора 1, включить выход генератора 2. Повторить установку уровня сигнала

генератора 2 по показаниям маркера. Включить выход генератора 1.

При помощи маркера анализатора измерить уровень помех на частотах 2,39985 ГГц и 2,40015 ГГц. Определить максимальное из измеренных значений $L_{Пmax}$, дБ (1 мВт).

Рассчитать относительный уровень помех, обусловленных интермодуляционными искажениями третьего порядка, $D_{П}$, дБ, по формуле

$$D_{П} = L_{ВХ} - L_{Пmax}. \quad (3)$$

Затем рассчитать значение относительного уровня помех, обусловленных интермодуляционными искажениями третьего порядка, выраженного в виде точки пересечения третьего порядка, TOI , дБм, по формуле

$$TOI = (2 \cdot L_{ВХ} + D_{П})/2. \quad (4)$$

Результаты поверки по данному пункту считать положительными, если значения TOI не менее 15 дБм.

10.6 Определение абсолютной погрешности измерений коэффициента отражения

Определение абсолютной погрешности измерений коэффициента отражения (далее – КО) проводится методом прямых измерений с помощью мер из набора мер НЗМ-05 (далее – НЗМ-05) в режиме анализатора цепей.

Установить на анализаторе IF BW 10 Гц, уровень мощности минус 15 дБм, измерения параметра S_{11} , отображение двух трасс с форматами «Log Mag» и «Phase».

Провести полную двухпортовую калибровку анализатора с помощью калибровочного набора 85563А.

Присоединить к порту 1 меру КСВ 2,0.

Произвести измерения модуля и фазы КО маркером анализатора на частотах 0,25; 1; 4; 4,25; 10; 20; 20,25; 26,5; 26,75; 30; 40; 44 ГГц.

Повторить измерения модуля и фазы КО с мерой КСВ 1,2.

Рассчитать абсолютную погрешность измерений модуля КО $\Delta_{ККО}$, дБ, по формуле

$$\Delta_{ККО} = ККО_{изм} - ККО_{э}, \quad (5)$$

где $ККО_{изм}$ – измеренное значение модуля КО, дБ;

$ККО_{э}$ – значение модуля КО меры, дБ.

Рассчитать абсолютную погрешность измерений фазы КО $\Delta_{\phi ККО}$, °, по формуле

$$\Delta_{\phi ККО} = \phi ККО_{изм} - \phi ККО_{э}, \quad (6)$$

где $\phi ККО_{изм}$ – измеренное значение фазы КО, °;

$\phi ККО_{э}$ – значение фазы КО меры, °.

Результаты поверки по данному пункту считать положительными, если $\Delta_{ККО}$ и $\Delta_{\phi ККО}$ не превышают значений, указанных в таблице 7

Таблица 7

Значение модуля коэффициента отражения, дБ	Пределы $\Delta_{\text{ККО}}$ в диапазоне частот, дБ			
	от 300 кГц до 4 ГГц включ.	св. 4 до 20 ГГц включ.	св. 20 до 26,5 ГГц включ.	св. 26,5 до 44 ГГц
-10	$\pm 0,324$	$\pm 0,533$	$\pm 0,600$	$\pm 1,450$
-20	$\pm 0,828$	$\pm 1,138$	$\pm 1,600$	$\pm 2,900$
Значение модуля коэффициента отражения, дБ	Пределы $\Delta_{\text{ФККО}}$, °			
	от 300 кГц до 4 ГГц включ.	св. 4 до 20 ГГц включ.	св. 20 до 26,5 ГГц включ.	св. 26,5 до 44 ГГц
-10	$\pm 2,4$	$\pm 4,0$	$\pm 4,1$	$\pm 9,0$
-20	$\pm 6,0$	$\pm 7,4$	$\pm 11,0$	$\pm 25,0$

10.7 Определение абсолютной погрешности измерений коэффициента передачи

Определение абсолютной погрешности измерений коэффициента передачи (далее – КП) проводится методом прямых измерений с помощью аттенюаторов из НЗМ-05 в режиме анализатора цепей.

Установить на анализаторе IF BW 10 Гц, уровень мощности минус 15 дБм, измерения параметра S_{12} , отображение двух трасс с форматами «Log Mag» и «Phase».

Провести полную двухпортовую калибровку анализатора с помощью калибровочного набора 85563A.

Соединить кабелем порт 1 и порт 2 анализатора.

Произвести измерения модуля и фазы КП маркером анализатора на частотах 0,25; 1; 4; 4,25; 10; 20; 20,25; 26,5; 26,75; 30; 40; 44 ГГц.

Повторить измерения модуля и фазы КП при установленных аттенюаторах из НЗМ-05 с КП минус 10, минус 20, минус 30 дБ.

Рассчитать абсолютную погрешность измерений модуля КП $\Delta_{\text{ККП}}$, дБ, по формуле

$$\Delta_{\text{ККП}} = \text{ККП}_{\text{изм}} - \text{ККП}_{\text{э}}, \quad (7)$$

где $\text{ККП}_{\text{изм}}$ – измеренное значение модуля КП, дБ;

$\text{ККП}_{\text{э}}$ – значение модуля КП аттенюатора (сборки аттенюаторов), дБ.

Рассчитать абсолютную погрешность измерений фазы КП $\Delta_{\text{ФККП}}$, °, по формуле

$$\Delta_{\text{ФККП}} = \varphi_{\text{ККП}_{\text{изм}}} - \varphi_{\text{ККП}_{\text{э}}}, \quad (8)$$

где $\varphi_{\text{ККП}_{\text{изм}}}$ – измеренное значение фазы КП, °;

$\varphi_{\text{ККП}_{\text{э}}}$ – значение фазы КП аттенюатора, °.

Результаты поверки по данному пункту считать положительными, если $\Delta_{\text{ККП}}$ и $\Delta_{\text{ФККП}}$ не превышают значений, указанных в таблице 8

Таблица 8

Значение модуля коэффициента передачи, дБ	Пределы $\Delta_{\text{ККП}}$ в диапазоне частот, дБ			
	от 300 кГц до 4 ГГц включ.	св. 4 до 20 ГГц включ.	св. 20 до 26,5 ГГц включ.	св. 26,5 до 44 ГГц
0	$\pm 0,10$	$\pm 0,16$	$\pm 0,16$	$\pm 0,18$
-10	$\pm 0,10$	$\pm 0,16$	$\pm 0,16$	$\pm 0,18$
-20	$\pm 0,10$	$\pm 0,16$	$\pm 0,16$	$\pm 0,18$
-30	$\pm 0,12$	$\pm 0,18$	$\pm 0,18$	$\pm 0,20$
Значение модуля коэффициента передачи, дБ	Пределы $\Delta_{\text{ФККП}}$ в диапазоне частот, °			
	от 300 кГц до 4 ГГц включ.	св. 4 до 20 ГГц включ.	св. 20 до 26,5 ГГц включ.	св. 26,5 до 44 ГГц
0	$\pm 1,0$	$\pm 2,4$	$\pm 2,4$	$\pm 3,0$
-10	$\pm 1,0$	$\pm 2,4$	$\pm 2,4$	$\pm 3,0$
-20	$\pm 1,2$	$\pm 2,4$	$\pm 2,4$	$\pm 3,0$
-30	$\pm 1,6$	$\pm 2,8$	$\pm 2,8$	$\pm 4,0$

11 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

11.1 Критериями принятия специалистом, проводившим поверку, решения по подтверждению соответствия средства измерений метрологическим требованиям, установленным при утверждении типа, являются:

- обязательное выполнение всех процедур, перечисленных в разделах 8.3; 9; 10 и соответствие действительных значений метрологических характеристик анализатора требованиям, указанным в пунктах 10.1 – 10.7 настоящей методики;

- обеспечение прослеживаемости поверяемого анализатора к государственным первичным эталонам единиц величин:

- а) к ГЭТ1-2022 «Государственный первичный эталон единиц времени, частоты и национальной шкалы времени»;

- б) к ГЭТ26-2010 «Государственный первичный эталон единицы мощности электромагнитных колебаний в волноводных и коаксиальных трактах в диапазоне частот от 0,03 до 37,5 ГГц»;

- в) к ГЭТ167-2021 «Государственный первичный эталон единицы мощности электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 37,5 до 118,1 ГГц»;

- г) к ГЭТ75-2023 «Государственный первичный эталон единицы волнового сопротивления в коаксиальных волноводах».

11.2 При получении отрицательных результатов по любой из процедур, перечисленных в разделах 8.3; 9; 10 или несоответствии действительных значений метрологических характеристик анализатора требованиям, указанным в пунктах 10.1 – 10.7, принимается решение о несоответствии средства измерений метрологическим требованиям, установленным при утверждении типа.

12 Оформление результатов поверки

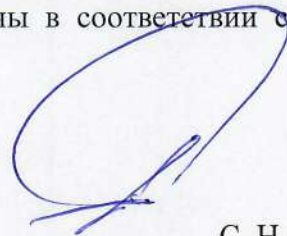
12.1 Результаты внешнего осмотра, опробования, идентификации ПО, условий поверки и окончательные результаты измерений (расчетов), полученные в процессе поверки, заносят в протокол поверки произвольной формы.

12.2 Сведения о результатах проведенной поверки средства измерений в целях ее подтверждения передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с Порядком создания и ведения Федерального информационного

фонда по обеспечению единства измерений. При оформлении свидетельства о поверке знак поверки наносится на свидетельство о поверке.

12.3 При положительных результатах поверки по заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдается свидетельство о поверке средства измерений, при отрицательных результатах поверки выдается извещение о непригодности к применению средства измерений. Свидетельство о поверке или извещение о непригодности к применению средства измерений должны быть оформлены в соответствии с требованиями действующих правовых нормативных документов.

Начальник лаборатории № 441
ФБУ «НИЦ ПМ – Ростест»



С. Н. Голышак

Инженер по метрологии II категории
лаборатории № 441 ФБУ «НИЦ ПМ – Ростест»



С.С. Кучеренко

Приложение А
(обязательное)

Таблица А.1 – Метрологические требования к опорному генератору

Наименование характеристики	Значение
Пределы допускаемой относительной погрешности частоты опорного генератора, $\delta_{ог}$ без использования сигналов ГНСС ¹⁾	$\pm 1,7 \cdot 10^{-6}$
с использованием сигналов ГНСС	$\pm 1 \cdot 10^{-8}$
¹⁾ глобальная навигационная спутниковая система	

Таблица А.2 – Метрологические требования в режиме анализатора спектра

Наименование характеристики	Значение
1	2
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений мощности сигнала на частоте 50 МГц ²⁾ , дБ	$\pm 0,45$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений мощности ³⁾ при нормальных условиях эксплуатации (температура окружающего воздуха $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$), дБ	
от 9 до 100 кГц включ.	$\pm 1,6$
св. 100 кГц до 2 МГц включ.	$\pm 1,3$
св. 2 до 15 МГц включ.	$\pm 1,0$
св. 15 МГц до 32 ГГц включ.	$\pm 0,8$
св. 32 до 40 ГГц включ.	$\pm 0,9$
св. 40 до 43 ГГц включ.	$\pm 1,3$
св. 43 до 44 ГГц	$\pm 1,4$
Средний уровень собственных шумов ⁴⁾ с выключенным предусилителем при нормальных условиях эксплуатации, дБ (1 мВт), не более	
в диапазоне частот:	
от 9 кГц до 2 МГц включ.	-91
св. 2 МГц до 2,1 ГГц включ.	-137
св. 2,1 до 2,8 ГГц включ.	-135
св. 2,8 до 4,5 ГГц включ.	-137
св. 4,5 до 7 ГГц включ.	-134
св. 7 до 13 ГГц включ.	-134
св. 13 до 22 ГГц включ.	-132
св. 22 до 35 ГГц включ.	-130
св. 35 до 40 ГГц включ.	-122
св. 40 до 44 ГГц	-119

Продолжение таблицы А.2

1	2
Средний уровень собственных шумов ⁴⁾ с включенным предусилителем при нормальных условиях эксплуатации, дБ (1 мВт), не более в диапазоне частот:	
от 9 кГц до 2 МГц включ.	-94
св. 2 МГц до 2,1 ГГц включ.	-153
св. 2,1 до 2,8 ГГц включ.	-151
св. 2,8 до 4,5 ГГц включ.	-153
св. 4,5 до 7 ГГц включ.	-150
св. 7 до 13 ГГц включ.	-146
св. 13 до 22 ГГц включ.	-142
св. 22 до 35 ГГц включ.	-141
св. 35 до 40 ГГц включ.	-136
св. 40 до 44 ГГц	-131
Относительный уровень помех, обусловленных интермодуляционными искажениями третьего порядка, выраженный в виде точки пересечения третьего порядка, на частоте 2,4 ГГц, дБ (1 мВт), не менее	14,2
Спектральная плотность мощности фазовых шумов ⁵⁾ на частоте 1 ГГц при нормальных условиях эксплуатации, дБ, не более при отстройках от несущей	
10 кГц	-106
30 кГц	-106
100 кГц	-100
1 МГц	-110
3 МГц	-119
5 МГц	-120
Нормальные условия измерений:	
- температура окружающей среды, °С	от -18 до +28
- относительная влажность, %	от 30 до 80
¹⁾ дБ (1 мВт) – дБ относительно 1 мВт ²⁾ внутренний аттенюатор 0 дБ; мощность входного сигнала от минус 35 до минус 5 дБ (1 мВт); предусилитель выключен; RBW 300 кГц ³⁾ внутренний аттенюатор 10 дБ; мощность входного сигнала от минус 15 до минус 5 дБ (1 мВт); предусилитель выключен; RBW 300 кГц ⁴⁾ нормирован в форме спектральной плотности в полосе пропускания 1 Гц при ослаблении входного аттенюатора 0 дБ ⁵⁾ уровень мощности фазовых шумов относительно мощности несущей нормирован в полосе пропускания 1 Гц	

Таблица А.3 – Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений комплексных коэффициентов отражения и передачи в режиме анализатора кабелей и антенн и режиме векторного анализатора цепей с использованием калибровочного набора 85563А

Значение модуля коэффициента передачи, дБ	Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля коэффициента передачи в диапазоне частот, дБ			
	от 300 кГц до 4 ГГц включ.	св. 4 до 20 ГГц включ.	св. 20 до 26,5 ГГц включ.	св. 26,5 до 44 ГГц
0	±0,10	±0,16	±0,16	±0,18
-10	±0,10	±0,16	±0,16	±0,18
-20	±0,10	±0,16	±0,16	±0,18
-30	±0,12	±0,18	±0,18	±0,20
Значение модуля коэффициента передачи, дБ	Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений фазы коэффициента передачи в диапазоне частот, °			
	от 300 кГц до 4 ГГц включ.	св. 4 до 20 ГГц включ.	св. 20 до 26,5 ГГц включ.	св. 26,5 до 44 ГГц
0	±1,0	±2,4	±2,4	±3,0
-10	±1,0	±2,4	±2,4	±3,0
-20	±1,2	±2,4	±2,4	±3,0
-30	±1,6	±2,8	±2,8	±4,0
Значение модуля коэффициента отражения, дБ	Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля коэффициента отражения в диапазоне частот, дБ			
	от 300 кГц до 4 ГГц включ.	св. 4 до 20 ГГц включ.	св. 20 до 26,5 ГГц включ.	св. 26,5 до 44 ГГц
-10	±0,324	±0,533	±0,600	±1,450
-20	±0,828	±1,138	±1,600	±2,900
Значение модуля коэффициента отражения, дБ	Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений фазы коэффициента отражения в диапазоне частот, °			
	от 300 кГц до 4 ГГц включ.	св. 4 до 20 ГГц включ.	св. 20 до 26,5 ГГц включ.	св. 26,5 до 44 ГГц
-10	±2,4	±4,0	±4,1	±9,0
-20	±6,0	±7,4	±11,0	±25,0
Примечание – характеристики коэффициентов отражения измеряются при отклонении от температуры калибровки не более 1 °С, после полной двухпортовой калибровки при полосе пропускания фильтра ПЧ равной 10 Гц, без усреднений, режим экономии заряда батареи: выкл. Для коэффициентов отражения характеристики приведены при условии $S_{12}=S_{21}=0$				