



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

«12» августа 2025 г.



Государственная система обеспечения единства измерений

АНАЛИЗАТОР СПЕКТРА И СИГНАЛОВ 4052Е

Методика поверки

РТ-МП-984-441-2025

г. Москва
2025 г.

1 Общие положения

Настоящая методика поверки применяется для поверки анализатора спектра и сигналов 4052Е (далее – анализатор), 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 10 МГц до 26,5 ГГц в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 30 декабря 2019 года № 3461, подтверждающей прослеживаемость к государственному первичному эталону ГЭТ 26-2010.

При определении метрологических характеристик поверяемого средства измерений по пунктам 10.1 – 10.7 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 диапазона частот анализатора и относительной погрешности воспроизведения частоты опорного кварцевого генератора	Да	Да	10.1
Определение уровня фазовых шумов относительно несущей	Да	Да	10.2
Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики	Да	Да	10.3
Определение абсолютной погрешности измерений уровня мощности входного сигнала от минус 50 до минус 10 дБ (1 мВт)	Да	Да	10.4
Определение среднего уровня собственных шумов, приведенного к полосе пропускания 1 Гц	Да	Да	10.5
Определение уровня остаточных сигналов комбинационных частот	Да	Да	10.6
Определение уровня интермодуляционных искажений 3-го порядка	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, °С от 20 до 30;
- относительная влажность воздуха, % от 30 до 80.

4 Требование к специалистам, осуществляющим поверку

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

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки анализатора спектра и сигналов 4052Е 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)	Средство измерений температуры окружающей среды в диапазоне от плюс 20 °С до плюс 30 °С с абсолютной погрешностью ±0,5 °С Средство измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 30 % до 80 % с абсолютной погрешностью ±3,0 %	Термогигрометр UNITESS THB 1В, регистрационный номер в ФИФ ОЕИ 70481-18
10.1 Определение диапазона частот анализатора и относительной погрешности воспроизведения частоты опорного кварцевого генератора	Эталоны единицы частоты и средства измерений, соответствующие требованиям к рабочим эталонам не ниже 3 разряда по Приказу Росстандарта № 2360 от 26.09.2022, частота 10 МГц Средство измерений частоты синусоидального сигнала 10 МГц с уровнем от минус 20 до 20 дБ (1 мВт)	Стандарт частоты рубидиевый GPS-12RG, регистрационный номер в ФИФ ОЕИ 70172-18 Частотомер универсальный СНТ-90, регистрационный номер в ФИФ ОЕИ 41567-09
	Средство воспроизведения синусоидального сигнала в диапазоне частот от 2 Гц до 26,5 ГГц; с уровнем мощности выходного сигнала от минус 30 до 0 дБ (1 мВт)	Генератор сигналов SMA100B с опциями B167, K24, регистрационный номер в ФИФ ОЕИ 68980-20
10.2 Определение уровня фазовых шумов относительно несущей	Средство воспроизведения синусоидального сигнала с частотой 1 ГГц; спектральная плотность мощности фазовых шумов при отстройках 100 Гц / 1 кГц / 10 кГц / 100 кГц / 1 МГц не более -111 дБ / -130 дБ / -139 дБ / -141 дБ / -145 дБ относительно несущей в полосе 1 Гц	Генератор сигналов SMA100B с опциями B167, B711, регистрационный номер в ФИФ ОЕИ 68980-20

Продолжение таблицы 2

1	2	3
10.3 Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики	Эталоны единицы мощности электромагнитных колебаний и средства измерений, соответствующие требованиям к рабочим эталонам не ниже 2 разряда по Приказу Росстандарта от 30.12.2019 № 3461 в диапазоне значений мощности от минус 30 до 0 дБ (1 мВт), в диапазоне частот от 10 МГц до 26,5 ГГц	Преобразователь измерительный NRP-Z57, регистрационный номер в ФИФ ОЕИ 48356-11
	Средство воспроизведения синусоидального сигнала в диапазоне частот от 10 МГц до 26,5 ГГц; уровнем мощности выходного сигнала от минус 30 до 10 дБ (1 мВт)	Генератор сигналов SMA100B с опцией B167, регистрационный номер в ФИФ ОЕИ 68980-20
10.4 Определение абсолютной погрешности измерений уровня мощности входного сигнала от минус 50 до минус 10 дБ (1 мВт)	Эталоны единицы мощности электромагнитных колебаний и средства измерений, соответствующие требованиям к рабочим эталонам не ниже 2 разряда по Приказу Росстандарта от 30.12.2019 № 3461 в диапазоне значений мощности от минус 30 до 10 дБ (1 мВт), на частоте 500 МГц	Преобразователь измерительный NRP-Z57, регистрационный номер в ФИФ ОЕИ 48356-11
	Эталоны единицы ослабления электромагнитных колебаний и средства измерений, соответствующие требованиям к рабочим эталонам не ниже 2 разряда по Приказу Росстандарта от 30.12.2019 № 3383, в диапазоне значений ослабления от 0 до 50 дБ на частоте 500 МГц	Аттенюатор ступенчатый R&S RSC с модулем 03, регистрационный номер в ФИФ ОЕИ 48368-11
	Средство воспроизведения синусоидального сигнала с частотой 500 МГц; уровнем мощности выходного сигнала от минус 20 до 10 дБ (1 мВт)	Генератор сигналов SMA100B с опцией B167, регистрационный номер в ФИФ ОЕИ 68980-20

Окончание таблицы 2

1	2	3
10.7 Определения уровня интермодуляционных искажений 3-го порядка	Средство воспроизведения синусоидального сигнала, диапазон частот от 10 МГц до 26,5 ГГц, уровень мощности от минус 20 до 0 дБ (1 мВт)	Генератор сигналов векторный SMM100A с опцией B1044 (регист.номер 82791-21 в ФИФ)
		Генератор сигналов SMA100B с опцией B167, регистрационный номер в ФИФ ОЕИ 68980-20
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
10.3, 10.4, 10.7	Делитель мощности резистивный	Диапазон частот от 10 МГц до 26,5 ГГц	Делитель мощности Keysight 11636B
10.5, 10.6	Нагрузка согласованная 50 Ом	Диапазон частот от 10 МГц до 26,5 ГГц	Нагрузки согласованные из набора мер ZV-Z235
10.7	Аттенюатор фиксированный 10 дБ	Диапазон частот от 0 до 26,5 ГГц	Аттенюатор коаксиальный D2M-32-10-13P-13

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 IEC 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 анализатора и его органов управления;
- отсутствуют шумы внутри корпуса, обусловленные наличием незакрепленных деталей;
- отсутствуют механические повреждения соединителей (вмятины, забоины и т. д.);
- 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.

Факт отсутствия пломб от несанкционированного доступа при периодической поверке фиксируется в протоколе поверке в соответствующем разделе.

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 по эксплуатации «Анализаторы спектра и сигналов 4052. Руководство по эксплуатации».

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 по эксплуатации. 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

8.3.1 При опробовании проверяется работоспособность анализатора.

8.3.2 Проверить отсутствие сообщений о неисправности после включения анализатора.

8.3.3 На анализаторе установить заводскую конфигурацию.

8.3.4 Проверить возможность установки значений полос пропускания на уровне минус 3 дБ от 1 до $20 \cdot 10^6$ Гц с шагом 1-2-3-5.

8.3.5 Произвести процедуру внутренней самокалибровки.

8.3.6 Выполнить следующие установки на анализаторе:

[Preset]

[Amp]

Ref Level: -10 dBm

[Freq]

Center Freq: 500 МГц

Span: 10 MHz

Включить внутренний калибровочный сигнал с частотой 500 МГц, установить маркер на пик сигнала.

8.3.7 Результаты опробования считать удовлетворительными, если после включения и загрузки программного обеспечения анализатора не возникают сообщения об ошибках; после загрузки заводской конфигурации отображается спектр шумов; обеспечивается установка всех значений полос пропускания от 1 до $20 \cdot 10^6$ Гц с шагом 1-2-3-5; по завершении процедуры внутренней самокалибровки не возникают сообщения об ошибках; значение уровня калибровочного сигнала находится в пределах от минус 22 до минус 18 дБ (1 мВт).

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

9 Проверка идентификации программного обеспечения

9.1 Идентификационное наименование, номер версии программного обеспечения анализатора, а также информация об установленных опциях отображаются во вкладке «About» системного меню «System».

Наименование должно соответствовать указанному в описании типа на анализатор. Версия программного обеспечения должна быть не менее указанной в описании типа.

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 диапазона частот анализатора и относительной погрешности воспроизведения частоты опорного кварцевого генератора

10.1.1 Определение относительной погрешности воспроизведения частоты опорного кварцевого генератора проводят методом сравнения с мерой при помощи частотомера универсального CNT-90, используя в качестве меры стандарт частоты рубидиевый GPS-12RG по схеме соединений на рисунке 1.

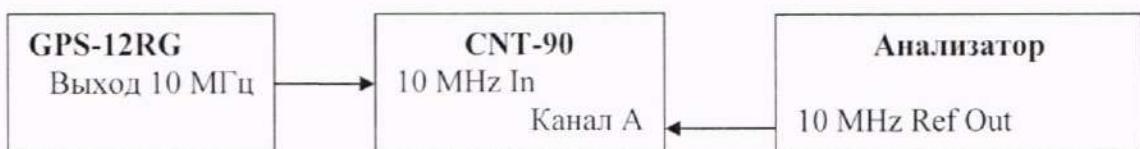


Рисунок 1

Включить работу от внешнего источника опорной частоты на частотомере. Зафиксировать действительное значение воспроизведения частоты опорного генератора, измеренное частотометром f_q .

10.1.2 Определение диапазона частот проводят методом прямых измерений с помощью с помощью генератора сигналов SMA100B по схеме соединений на рисунке 2.

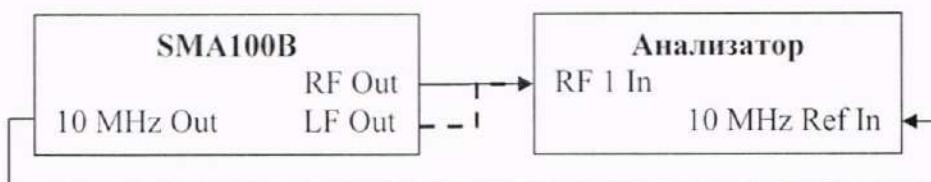


Рисунок 2

Для определения начальной частоты диапазона соединить низкочастотный выход LF Out генератора с входом анализатора. Установить выходное напряжение сигнала генератора 200 мВ, частоту 2 Гц.

На анализаторе установить центральную частоту 2 Гц, опорный уровень 0 дБ (1 мВт), полосу пропускания 1 Гц, развязку по входу DC.

Включить низкочастотный выход генератора. Измерить маркером анализатора частоту входного сигнала $f_{\text{НЧ}}$.

Для определения конечной частоты диапазона соединить радиочастотный выход RF Out генератора с входом анализатора. Установить уровень выходного сигнала генератора минус 10 дБ (1 мВт), частоту выходного сигнала 26,5 ГГц.

На анализаторе установить центральную частоту 26,5 ГГц, опорный уровень 0 дБ (1 мВт), полосу обзора 100 кГц, режим синхронизации от внешнего опорного источника [I/O]: FreqRef: 10 MHz.

Включить радиочастотный выход генератора. Измерить маркером анализатора частоту входного сигнала $f_{\text{КОН}}$.

10.2 Определение уровня фазовых шумов относительно несущей

10.2.1 Определение уровня фазовых шумов относительно несущей 1 ГГц в полосе пропускания 1 Гц проводят методом прямых измерений с помощью генератора сигналов SMA100B по схеме, приведенной на рисунке 3.

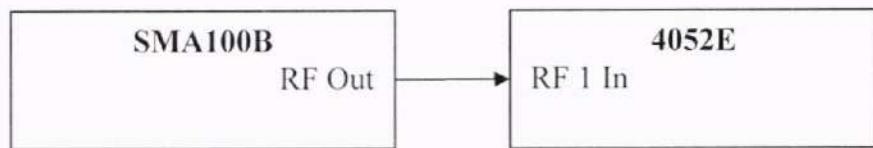


Рисунок 3

Выполнить следующие установки на анализаторе:

[Preset]

[I/O]

FreqRef: Inner

[Amp]

Ref Level: 0 dBm

Mech Atten: 0 dB

[Freq]

Center Freq: 1 GHz

Span: 2,5*offset

[BW]

Res BW: 0,1*offset

На генераторе установить уровень выходного сигнала 0 дБ (1 мВт), частоту 1 ГГц. Включить выход генератора.

Далее установить на анализаторе:

[Peak]

Peak Search

Mkr->CF

[Trace]

Type: Average

[Meas Config]

Average Type: Log-Pwr Avg

Times: 100

[Marker]

Mkr Function: Phase Noise On

X Axis: offset

10.2.2 Дождаться усреднения трассы, затем определить действительные значения уровня фазового шума относительно несущей L_{PN} , дБо/Гц, с помощью маркеров анализатора в строке Phase Noise при всех отстройках offset, устанавливая соответствующие Span и Res BW.

10.3 Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики

10.3.1 Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики относительно уровня опорного сигнала на частоте 500 МГц проводят методом прямых измерений с помощью генератора сигналов SMA100B, преобразователя измерительного NRP-Z57 и делителя мощности по схеме, приведенной на рисунке 4.

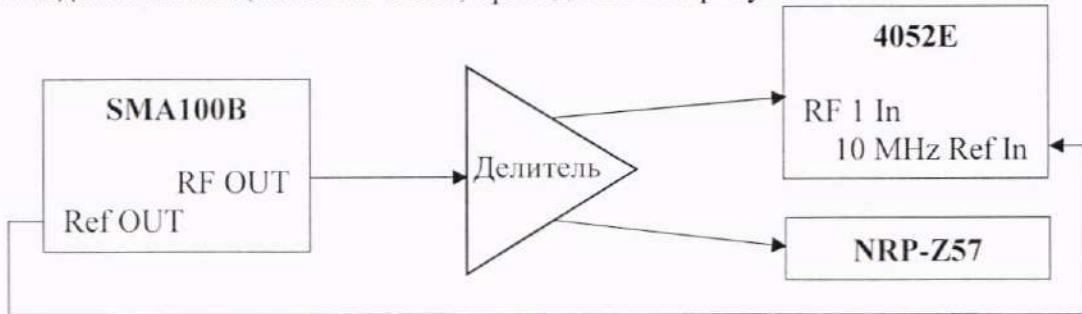


Рисунок 4

10.3.2 Выполнить следующие установки на анализаторе:

[Preset]

[I/O]

FreqRef: 10 MHz

DC (только на частоте 10 МГц)

[Amp]

Ref Level: -10 dBm

Mech Atten: 10 dB

PreAmplify: OFF

[Freq]

Center Freq: 500 MHz

Span: Zero Span

[BW]

Res BW: 30 kHz

VBW/RBW: Man – 0.1

10.3.3 Установить на генераторе сигналов уровень мощности минус 4 дБ (1 мВт), частоту 500 МГц.

Отрегулировать выходной уровень сигнала генератора таким образом, чтобы уровень входной мощности по показаниям ваттметра L_{power} составлял ровно минус 10 дБ (1 мВт).

10.3.4 Установить маркер анализатора на пик сигнала и зафиксировать результат измерения уровня мощности L_{REF} , дБ (1 мВт).

10.3.5 Подстраивая уровень входной мощности минус 10 дБ (1 мВт) по показаниям ваттметра, провести измерения уровня входной мощности на анализаторе в диапазоне частот L_F , дБ (1 мВт), устанавливая на анализаторе и генераторе значения частот из таблицы 4.

Таблица 4 – Значения частот измерения уровня входной мощности

Значения частот измерения уровня входной мощности
1
10 МГц
50 МГц
100 МГц
200 МГц
800 МГц
1 ГГц

Продолжение таблицы 4

1
1,5 ГГц
2 ГГц
2,5 ГГц
3 ГГц
3,5 ГГц
4 ГГц
4,1 ГГц
5 ГГц
5,5 ГГц
6 ГГц
6,5 ГГц
7 ГГц
8 ГГц
8,1 ГГц
9 ГГц
10 ГГц
12 ГГц
13,2 ГГц
14 ГГц
16 ГГц
18 ГГц
18,1 ГГц
19 ГГц
21 ГГц
23 ГГц
25 ГГц
26,5 ГГц

10.3.6 Установить на генераторе сигналов уровень мощности минус 14 дБ (1 мВт), частоту 500 МГц.

10.3.7 Подстраивая уровень входной мощности минус 20 дБ (1 мВт) по показаниям ваттметра, повторить измерения по пунктам 10.3.4 – 10.3.5 с включенным предусилителем, выполнив следующие установки на анализаторе:

[Amp]

Ref Level: -20 dBm

Mech Atten: 10 dB

PreAmplify: ON

10.4 Определение абсолютной погрешности измерений уровня мощности входного сигнала от минус 50 до минус 10 дБ (1 мВт)

10.4.1 Определение абсолютной погрешности измерений уровня мощности входного сигнала проводят методом прямых измерений с помощью генератора сигналов SMA100B, аттенюатора ступенчатого R&S RSC, преобразователя измерительного NRP-Z57 и делителя мощности по схеме, приведенной на рисунке 5.

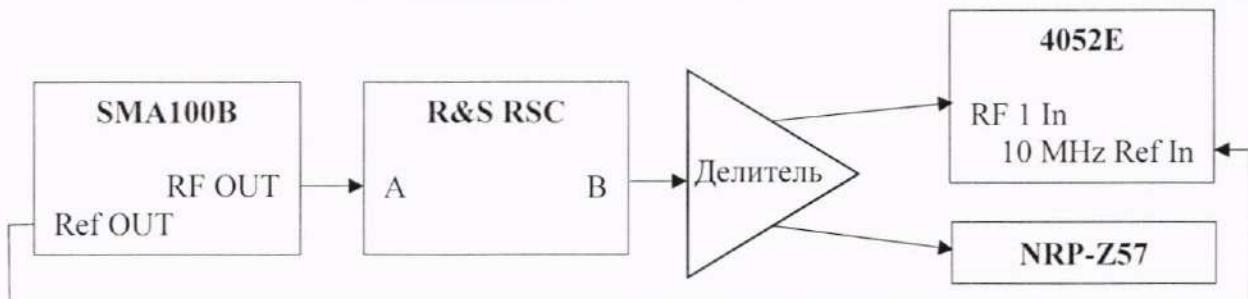


Рисунок 5

Выполнить следующие установки на анализаторе:

[I/O]

FreqRef: 10 MHz

[Amp]

Ref Level: -10 dBm

Mech Atten: 10 dB

[Freq]

Center Freq: 500 MHz

Span: 30 kHz

[BW]

Res BW: 10 kHz

10.4.2 Установить ослабление аттенюатора ступенчатого 0 дБ, на генераторе сигналов уровень мощности минус 4 дБ (1 мВт), частоту 500 МГц.

Отрегулировать выходной уровень сигнала генератора таким образом, чтобы уровень входной мощности по показаниям ваттметра L_{10} составлял ровно минус 10 дБ (1 мВт).

10.4.3 Установить маркер анализатора на пик сигнала и зафиксировать результат измерения уровня мощности L_{AC} , дБ (1 мВт).

10.4.4 Повторить измерения, устанавливая ослабление аттенюатора ступенчатого от 10 до 50 дБ с шагом 10 дБ.

10.5 Определение среднего уровня собственных шумов, приведенного к полосе пропускания 1 Гц

10.5.1 Определение среднего уровня собственных шумов, приведенного к полосе пропускания 1 Гц проводят методом прямых измерений с помощью нагрузки согласованной 50 Ом.

Подключить к РЧ-входу анализатора нагрузку согласованную 50 Ом.

10.5.2 Выполнить следующие установки на анализаторе:

[Preset]

[I/O]

FreqRef: Inner

[Amp]

Ref Level: -50 dBm

Mech Atten: 0 dB

PreAmplify: OFF

[Freq]

Start Freq: $f_{\text{НЧ}}$

Stop Freq: $f_{\text{КОН}}$

[BW]

Res BW: 100 kHz

[Trace]

Type: Average

Detector: Sample
[Meas Config]
 Average Type: Log-Pwr Avg
 Times: 100
[Marker]
 Mkr Function: Marker Noise Status: On

Устанавливать значения начальной $f_{\text{Нач}}$ и конечной $f_{\text{кон}}$ частот обзора согласно таблице 5.

Таблица 5 – Значения среднего уровня собственных шумов, приведенного к полосе пропускания 1 Гц

Диапазоны частот	Допустимые значения среднего уровня собственных шумов, приведенного к полосе пропускания 1 Гц, дБ (1 мВт), не более
<i>предусилитель выключен</i>	
от 10 МГц до 1 ГГц включ.	-149
св. 1 до 2 ГГц включ.	-147
св. 2 до 3 ГГц включ.	-146
св. 3 до 4 ГГц включ.	-141
св. 4 до 6 ГГц включ.	-142
св. 6 до 8 ГГц включ.	-139
св. 8 до 18 ГГц включ.	-145
св. 18 до 26,5 ГГц	-141
<i>предусилитель включен</i>	
от 10 МГц до 50 МГц включ.	-156
св. 50 МГц до 6 ГГц включ.	-161
св. 6 до 18 ГГц включ.	-157
св. 18 до 26,5 ГГц	-154

Дождавшись усреднения трассы, поместить маркер на максимальное значение шумовой дорожки. По измерению маркера определить значение среднего уровня собственных шумов L_{NOISE} , дБ (1 мВт).

10.5.3 Повторить измерения по пункту 10.5.2, включив предусилитель:

[Amp]
PreAmplify: ON

10.6 Определение уровня остаточных сигналов комбинационных частот

10.6.1. Определение уровня остаточных сигналов комбинационных частот проводят методом прямых измерений, с помощью нагрузки согласованной 50 Ом.

Подключить к РЧ-входу анализатора нагрузку согласованную 50 Ом.

Выполнить следующие установки на анализаторе:

[Preset]
[I/O]
 FreqRef: Inner
[Amp]
 Ref Level: -70 dBm
 Mech Atten: 0 dB
 PreAmplify: OFF
[Freq]
 Start Freq: 1 MHz

Stop Freq: 8 GHz

[BW]

Res BW: 1 kHz

10.6.2 Дождавшись отрисовки трассы, установить маркер на пик и зафиксировать значение остаточных сигналов комбинационных частот анализатора $L_{\text{ОСТ}}$, дБ (1 мВт).

10.7 Определения уровня интермодуляционных искажений 3-го порядка

10.7.1 Определение относительного уровня помех, обусловленных интермодуляционными искажениями третьего порядка (ИИ) проводят методом прямых измерений, путем подачи на вход анализатора двух гармонических сигналов уровнем $L_{\text{смес}} =$ минус 20 дБ (1 мВт) с частотами f_1 и f_2 и измерения уровня помех $L_{\text{им3}}$, возникших на частотах $2f_1-f_2$ и $2f_2-f_1$ относительно уровня основных сигналов на частотах f_1 и f_2 .

Выполнить соединение СИ в соответствии со схемой, приведённой на рисунке 8.

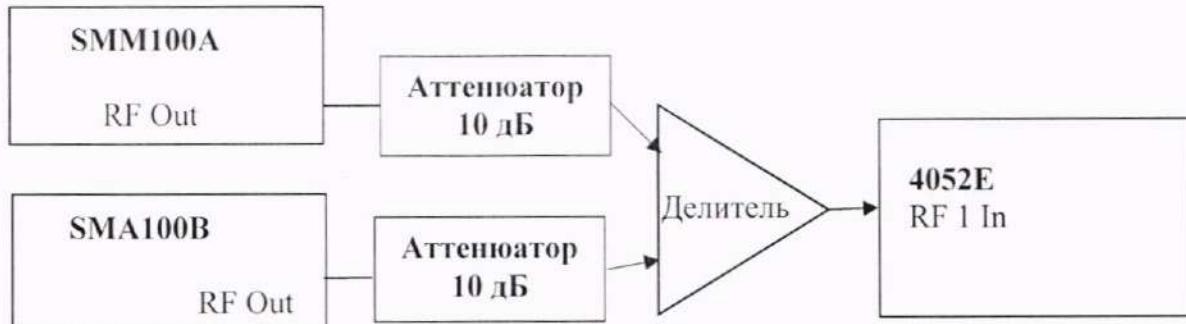


Рисунок 8

10.7.2 Выполнить следующие установки на анализаторе:

[Preset]

[I/O]

FreqRef: Inner

[Mode]

Channel: TOI

[Amp]

Ref Level: -15 dBm

Mech Atten: 0 dB

PreAmplify: OFF

[Freq]

Center Freq: Fизм

Span: 5 MHz

[BW]

Res BW: 3 kHz

где $\mathbf{F_{изм}} = 21 \text{ МГц}; 400 \text{ МГц}; 2,99 \text{ ГГц}; 8,49 \text{ ГГц}; 12,99 \text{ ГГц}; 17,99 \text{ ГГц}; 23,99 \text{ ГГц}$.

10.7.3 Установить выходной уровень сигнала генератора SMM100A минус 3 дБ (1 мВт), частоту $f_1 = f_{\text{изм}} - 500 \text{ кГц}$

Установить выходной уровень сигнала генератора SMA100B минус 3 дБ (1 мВт), частоту $f_2 = f_{\text{изм}} + 500 \text{ кГц}$

Включить мощность генератора SMM100A. Органами регулировки генератора

установить уровень на входе анализатора минус 20 дБ (1 мВт). Выключить мощность генератора SMM100A, включить мощность генератора SMA100B и его уровень установить аналогичным образом.

Включить выходную мощность генератора SMM100A.

10.7.4 Зафиксировать уровень интермодуляционных искажений 3-го порядка, выраженный в виде точки пересечения 3-го порядка, TOI, дБ (1 мВт), в строке «The Worst» окна «Metric».

11 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

11.1 Для полученных в пункте 10.1.1 результатов измерений $f_{\text{ч}}$ относительную погрешность воспроизведения частоты опорного кварцевого генератора $\delta_{\text{ог}}$ рассчитать по формуле

$$\delta_{\text{ог}} = \frac{f_{\text{ч}}}{10} - 1, \quad (1)$$

где $f_{\text{ч}}$ – измеренное частотомером значение воспроизведения частоты опорного генератора, МГц.

Рассчитанное значение относительной погрешности воспроизведения частоты опорного кварцевого генератора $\delta_{\text{ог}}$ не должно выходить за пределы $\pm(5 \cdot 10^{-8})$.

Значения начальной $f_{\text{нач}}$ и конечной $f_{\text{кон}}$ частот, определяемые по пункту 10.1.2, должны соответствовать диапазону рабочих частот от 2 до $26,5 \cdot 10^9$ Гц.

11.2 Полученные в пункте 10.2 результаты измерений уровня фазовых шумов относительно несущей (при отстройке offset) L_{PN} , дБ, не должны превышать пределы, указанные в таблице 6.

Таблица 6 – Уровень фазового шума относительно несущей 1 ГГц в полосе пропускания 1 Гц в полосе обзора не более $2,5 \times \text{offset}$

Значение отстройки от несущей (offset)	Предел, дБ, не более
100 Гц	-95
1 кГц	-112
10 кГц	-122
100 кГц	-122
1 МГц	-135

11.3 Для полученных в пункте 10.3 результатов рассчитать неравномерность амплитудно-частотной характеристики А, дБ, по формуле

$$A = L_F - L_{\text{REF}}, \quad (2)$$

где L_F – результат измерения уровня мощности в диапазоне частот, дБ (1 мВт); L_{REF} – результат измерения уровня мощности на частоте 500 МГц, дБ (1 мВт).

Рассчитанные значения не должны превышать пределы, указанные в таблице 8.

Таблица 8 – Допускаемые значения неравномерности амплитудно-частотной характеристики относительно уровня опорного сигнала на частоте 500 МГц (А)

Диапазоны частот	Пределы, дБ, не более
Предусилитель выключен	
от 10 МГц до 4 ГГц включ.	±0,4
св. 4 ГГц до 8 ГГц включ.	±0,7
св. 8 до 18 ГГц включ.	±2,0
св. 18 до 26,5 ГГц	±2,5
Предусилитель включен	
от 10 МГц до 4 ГГц включ.	±1,0
св. 4 ГГц до 8 ГГц включ.	±1,5
св. 8 до 18 ГГц включ.	±2,5
св. 18 до 26,5 ГГц	±3,0

11.4 Для полученных в пункте 10.4 результатов рассчитать абсолютную погрешность измерений уровня мощности входного сигнала от минус 50 до минус 10 дБ (1 мВт) ΔL , дБ, по формуле

$$\Delta L = L_{AC} - L_{10} + A_{RSC}, \quad (3)$$

где L_{10} – показания ваттметра при ослаблении аттенюатора ступенчатого 0 дБ, дБ (1 мВт); A_{RSC} – действительное значение ослабления аттенюатора ступенчатого, дБ.

Рассчитанные значения не должны превышать ±0,24 дБ.

11.5 Результаты поверки по пункту 10.5 считаются удовлетворительными, если значения среднего уровня собственных шумов L_{NOISE} , дБ (мВт/Гц), не превышают пределы, указанные в таблице 5.

11.6 Результаты поверки по пункту 10.6 считаются удовлетворительными, если значения остаточных сигналов комбинационных частот L_{OCT} , дБ (1 мВт), не более минус 90 дБ (1 мВт).

11.7 Результаты поверки по пункту 10.7 считаются удовлетворительными, если полученные значения уровня интермодуляционных искажений 3-го порядка, выраженного в виде точки пересечения 3-го порядка (TOI), не превышают значений, указанных в таблице 9.

Таблица 9 – Допускаемые значения уровня интермодуляционных искажений 3-го порядка

Относительный уровень интермодуляционных искажений 3-го порядка L_{IM3} , выраженный в виде точки пересечения 3-го порядка (TOI) [*] , при входном уровне минус 20 дБ (1 мВт), выключенном предусилителе, ослаблении входного СВЧ аттенюатора 0 дБ, в диапазоне частот, дБ (1 мВт), не менее:	
от 10 до 200 МГц включ.	12
св. 200 МГц до 4 ГГц включ.	17
св. 4 до 26,5 ГГц	16

11.8 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 8.2; 9; 10 и соответствие действительных значений метрологических характеристик анализатора спектра и сигналов 4052Е требованиям, указанным в пунктах 11.1 – 11.7 настоящей методики;

- обеспечение прослеживаемости поверяемого анализатора спектра и сигналов 4052Е к государственным первичным эталоном единиц величин:

а) к ГЭТ 1-2022 «Государственный первичный эталон единиц времени, частоты и национальной шкалы времени»;

б) к ГЭТ 26-2010 «Государственный первичный эталон единицы мощности электромагнитных колебаний в волноводных и коаксиальных трактах в диапазоне частот от 0,03 до 37,5 ГГц».

11.9 При получении отрицательных результатов по любой из процедур, перечисленных в разделах 8.2; 9; 10 или несоответствии действительных значений метрологических характеристик анализатора спектра и сигналов 4052Е требованиям, указанным в пунктах 11.1 – 11.7, принимается решение о несоответствии средства измерений метрологическим требованиям, установленным при утверждении типа.

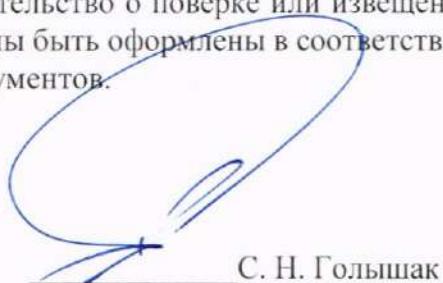
12 Оформление результатов поверки

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

12.2 Сведения о результатах и объеме 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

Начальник сектора
лаборатории № 441 ФБУ «НИЦ ПМ – Ростест»



А. С. Каледин

Приложение А
(обязательное)

Таблица А.1 – Основные метрологические характеристики анализатора спектра и сигналов 4052Е

Наименование характеристики	Значение										
1	2										
Диапазон рабочих частот, Гц	от 2 до $2,65 \cdot 10^{10}$										
Номинальное значение частоты выхода опорного генератора, МГц	10										
Пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты опорного генератора $\delta_{\text{оп}}$	$\pm 5 \cdot 10^{-8}$										
Диапазон полос обзора, SPAN, Гц	0 (нулевая полоса обзора); от 10 до полного диапазона частот										
Полосы пропускания фильтров ПЧ по уровню минус 3 дБ с шагом 1-2-3-5, BW, Гц	от 0,1 до $2 \cdot 10^7$										
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений частоты с помощью маркеров, $F_{\text{изм}}$, Гц	$\delta_{\text{оп}} \cdot F_{\text{изм}} + 0,1$										
Полосы пропускания видеофильтра, с шагом 1-2-3-5, Гц	от 1 до $2 \cdot 10^7$										
Полоса анализа сигналов, Гц	$2 \cdot 10^8$										
Уровень фазовых шумов на частоте 1 ГГц в полосе пропускания 1 Гц относительно уровня несущей, при отстройке от несущей, дБ, не более	<table border="1"> <tr> <td>100 Гц</td><td>-95</td></tr> <tr> <td>1 кГц</td><td>-112</td></tr> <tr> <td>10 кГц</td><td>-122</td></tr> <tr> <td>100 кГц</td><td>-122</td></tr> <tr> <td>1 МГц</td><td>-135</td></tr> </table>	100 Гц	-95	1 кГц	-112	10 кГц	-122	100 кГц	-122	1 МГц	-135
100 Гц	-95										
1 кГц	-112										
10 кГц	-122										
100 кГц	-122										
1 МГц	-135										
Средний уровень собственных шумов, приведенный к полосе пропускания 1 Гц, при выключенном предусилителе или отсутствии предусилителя, при ослаблении входного СВЧ аттенюатора 0 дБ, в диапазоне частот, дБ (1 мВт), не более											
от 10 МГц до 1 ГГц включ.	-149										
св. 1 до 2 ГГц включ.	-147										
св. 2 до 3 ГГц включ.	-146										
св. 3 до 4 ГГц включ.	-141										
св. 4 до 6 ГГц включ.	-142										
св. 6 до 8 ГГц включ.	-139										
св. 8 до 18 ГГц включ.	-145										
св. 18 до 26,5	-141										
Средний уровень собственных шумов, приведенный к полосе пропускания 1 Гц, при включенном предусилителе, при ослаблении входного СВЧ аттенюатора 0 дБ, в диапазоне частот, дБ (1 мВт), не более											
от 10 до 50 МГц включ.	-156										
св. 50 МГц до 4 ГГц включ.	-161										
св. 4 до 6 ГГц включ.	-161										
св. 6 до 8 ГГц включ.	-157										
св. 8 до 18 ГГц включ.	-157										
св. 18 до 26,5 ГГц	-154										

Продолжение таблицы А.1

1	2
Неравномерность амплитудно-частотной характеристики (А) относительно уровня на опорной частоте 100 МГц, при ослаблении входного СВЧ аттенюатора 10 дБ, выключенном предусилителе или отсутствии предусилителя, в диапазоне частот, дБ, не более от 10 МГц до 4 ГГц включ. св. 4 до 8 ГГц включ. св. 8 до 18 ГГц включ. св. 18 до 26,5 ГГц	±0,4 ±0,7 ±2,0 ±2,5
Неравномерность амплитудно-частотной характеристики (А) относительно уровня на опорной частоте 100 МГц, при ослаблении входного СВЧ аттенюатора 30 дБ, включенном предусилителе, в диапазоне частот, дБ, не более от 10 МГц до 4 ГГц включ. св. 4 до 8 ГГц включ. св. 8 до 18 ГГц включ. св. 18 до 26,5 ГГц	±1,0 ±1,5 ±2,5 ±3,0
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений уровня мощности входного сигнала при значении внутреннего аттенюатора 10 дБ, полосе пропускания от 1 Гц до 1 МГц, входном сигнале от -10 до -50 дБ (1 мВт) и выключенном предусилителе, дБ - на частоте 500 МГц - во всем диапазоне частот	±0,24 ±(0,24 + А)
Относительный уровень интермодуляционных искажений 3-го порядка $L_{\text{ИМ3}}$, выраженный в виде точки пересечения 3-го порядка (TOI) [*] , в диапазоне частот, дБ (1 мВт), не менее: от 10 до 200 МГц включ. св. 200 МГц до 4 ГГц включ. св. 4 до 26,5 ГГц	12 17 16
Уровень остаточных сигналов комбинационных частот, в диапазоне частот от 200 кГц до 8 ГГц, при ослаблении входного СВЧ аттенюатора 0 дБ, дБ (1 мВт), не более	-90

*Примечание: $TOI = (2 \cdot L_{\text{смес.}} - L_{\text{ИМ3}})/2$, где $L_{\text{смес.}}$ – уровень входного сигнала смесителя, дБ (1 мВт)