



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

«28» апреля 2026 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

АНАЛИЗАТОРЫ ЦЕПЕЙ ВЕКТОРНЫЕ ZNB20

Методика поверки

РТ-МП-198-441-2026

г. Москва
2026 г.

1. Общие положения

1.1 Настоящая методика поверки применяется для поверки анализаторов цепей векторных ZNB20 (далее – анализаторы), используемых в качестве рабочего средства измерений.

1.2 При определении метрологических характеристик в рамках проводимой поверки обеспечивается:

- передача единицы частоты в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 26.09.2022 № 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 30.12.2019 № 3461, подтверждающей прослеживаемость к государственному первичному эталону ГЭТ 26-2010;

- передача единиц волнового сопротивления, комплексных коэффициентов отражения и передачи в коаксиальных волноводах в диапазоне частот от 0 до 67 ГГц в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 16.08.2023 № 1678, подтверждающей прослеживаемость к государственному первичному эталону ГЭТ 75-2023.

1.3 При определении метрологических характеристик поверяемого анализатора используется метод прямых измерений.

1.4 В результате поверки должны быть подтверждены метрологические требования, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Подтверждаемые метрологические требования

Наименование характеристики	Значение
1	2
Диапазон рабочих частот, Гц	от $1 \cdot 10^5$ до $20 \cdot 10^9$
Пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты	$\pm 1 \cdot 10^{-7}$
Динамический диапазон при полосе пропускания фильтра ПЧ 10 Гц, дБ, не менее: – от 100 кГц до 1 МГц включ. – св. 1 до 10 МГц включ. – св. 10 до 100 МГц включ. – св. 100 МГц до 6 ГГц включ. – св. 6 до 20 ГГц	100 110 115 125 120
Диапазон установки уровня выходной мощности, дБ (1 мВт): – от 100 кГц до 1 МГц включ. – св. 1 до 10 МГц включ. – св. 10 МГц до 10 ГГц включ. – св. 10 до 15 ГГц включ. – св. 15 до 20 ГГц	от -30 до +8 от -30 до +10 от -30 до +12 от -30 до +10 от -30 до +8
Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки уровня мощности минус 10 дБ (1 мВт) в диапазоне частот, дБ: – от 100 кГц до 10 ГГц включ. – св. 10 до 20 ГГц	± 2 ± 3

Продолжение таблицы 1

1	2
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений уровня мощности минус 10 дБ (1 мВт) в диапазоне частот, дБ: – от 100 кГц до 20 ГГц	±1
Уровень собственного шума приемников, нормализованный к полосе 1 Гц, в диапазоне частот, дБ (1 мВт), не более: – от 100 до 300 кГц включ. – св. 300 кГц до 1 МГц включ. – св. 1 до 10 МГц включ. – св. 10 до 100 МГц включ. – св. 100 МГц до 10 ГГц включ. – св. 10 до 20 ГГц	-105 -110 -115 -120 -125 -120
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля/фазы коэффициента отражения ¹⁾ для модуля КО ²⁾ в диапазоне частот, дБ/градус: от 100 кГц до 4 ГГц включ. – от 0 до минус 15 дБ включ. – менее минус 15 дБ до минус 25 дБ включ. – менее минус 25 дБ до минус 35 дБ св. 4 до 20 ГГц – от 0 до минус 15 дБ включ. – менее минус 15 дБ до минус 25 дБ включ. – менее минус 25 дБ до минус 35 дБ	±0,3/±2,0 ±1,0/±6,0 ±3,0/±20 ±0,5/±4,0 ±1,6/±10 ±7,5/±35
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля/фазы коэффициента передачи ¹⁾ для модуля КП ³⁾ в диапазоне частот, дБ/градус: от 100 кГц до 1 МГц включ. – от 0 до минус 35 дБ включ. – менее минус 35 дБ до минус 50 дБ включ. – менее минус 50 дБ до минус 60 дБ св. 1 МГц до 10 ГГц включ. – от 0 до минус 35 дБ включ. – менее минус 35 дБ до минус 50 дБ включ. – менее минус 50 дБ до минус 60 дБ св. 10 ГГц до 20 ГГц – от 0 до минус 35 дБ включ. – менее минус 35 дБ до минус 50 дБ включ. – менее минус 50 дБ до минус 60 дБ	±0,05/±0,8 ±0,1/±1,0 ±0,3/±5 ±0,05/±0,8 ±0,06/±0,8 ±0,1/±1 ±0,05/±0,8 ±0,08/±0,8 ±0,15/±1,5
1) Значения пределов допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля и фазы коэффициента отражения и модуля и фазы коэффициента передачи приведены после выполнения однопортовой калибровки (только для коэффициента отражения) или полной двухпортовой калибровки с использованием автоматического калибровочного модуля ZN-Z50 из состава анализатора. 2) КО – коэффициент отражения. 3) КП – коэффициент передачи.	

2. Перечень операций поверки средства измерений

2.1 Для поверки анализатора должны быть выполнены операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 - Операции поверки

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
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	8.2
Проверка программного обеспечения средства измерений	Да	Да	9
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	10
Проверка диапазона рабочих частот и определение относительной погрешности установки частоты	Да	Да	10.1
Проверка динамического диапазона при полосе пропускания фильтра ПЧ 10 Гц	Да	Да	10.2
Проверка уровня собственного шума приемников, нормализованного к полосе 1 Гц	Да	Да	10.3
Проверка диапазона установки уровня выходной мощности и определение абсолютной погрешности установки и измерений уровня мощности минус 10 дБ (1 мВт)	Да	Да	10.4
Определение абсолютной погрешности измерений модуля и фазы коэффициента отражения	Да	Да	10.5
Определение абсолютной погрешности измерений модуля и фазы коэффициента передачи	Да	Да	10.6

3. Требования к условиям проведения поверки

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

- температура окружающей среды, °С.....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, изучившие настоящую методику поверки.

Персонал, проводящий поверку, должен быть ознакомлен с руководством по эксплуатации анализатора.

5. Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки анализатора применяют средства поверки, указанные в таблице 3.

5.2 Средства поверки должны быть подготовлены к работе в соответствии с руководством по их эксплуатации.

Таблица 3 – 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 температуры окружающей среды в диапазоне от плюс 18 °С до плюс 28 °С с абсолютной погрешностью $\pm 0,5$ °С Средство измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 30 % до 80 % с абсолютной погрешностью $\pm 3,0$ %	Термогигрометры UNITESS THB 1, рег. № 70481-18
10.1 Проверка диапазона рабочих частот и определение относительной погрешности установки частоты	Эталоны единицы частоты, соответствующие требованиям к эталонам не ниже рабочего эталона 3 разряда в соответствии с ГПС, утвержденной приказом Росстандарта № 2360 от 26.09.2022, частота 10 МГц	Стандарт частоты рубидиевый GPS-12RG, рег. № 43830-10
	Эталоны единицы частоты, соответствующие требованиям к эталонам не ниже рабочего эталона 4 разряда в соответствии с ГПС, утвержденной приказом Росстандарта № 2360 от 26.09.2022, в диапазоне частот от 0,01 до 20 ГГц	Частотомер универсальный CNT-90XL, рег. № 41567-09
10.2 Проверка динамического диапазона при полосе пропускания фильтра ПЧ 10 Гц	Эталоны единиц волнового сопротивления, комплексных коэффициентов отражения и передачи в коаксиальных волноводах в диапазоне частот от 0,01 до 20 ГГц, соответствующие требованиям к эталонам не ниже Вторичного эталона в соответствии с ГПС, утвержденной Приказом Росстандарта от 16.08.2023 № 1678, с типом соединителей 3,5 мм	Набор мер коэффициентов передачи и отражения ZV-Z235, рег. № 52112-12

Продолжение таблицы 3

1	2	3
10.3 Проверка уровня собственного шума приемников	Эталоны единиц волнового сопротивления, комплексных коэффициентов отражения и передачи в коаксиальных волноводах в диапазоне частот от 0,01 до 20 ГГц, соответствующие требованиям к эталонам не ниже Вторичного эталона в соответствии с ГПС, утвержденной Приказом Росстандарта от 16.08.2023 № 1678, с типом соединителей 3,5 мм	Набор мер коэффициентов передачи и отражения ZV-Z235, рег. № 52112-12
10.4 Проверка диапазона установки уровня выходной мощности и определение абсолютной погрешности установки и измерений уровня мощности минус 10 дБ (1 мВт)	<p>Эталоны единицы мощности электромагнитных колебаний, соответствующие требованиям к эталонам не ниже рабочего эталона 3 разряда в диапазоне частот от 100 кГц до 30 МГц и 2 разряда в диапазоне частот от 30 МГц до 20 ГГц в соответствии с ГПС, утвержденной Приказом Росстандарта от 30.12.2019 № 3461, в диапазоне значений мощности от минус 30 до 0 дБ (1 мВт)</p> <p>Средства измерений параметров радиотехнических сигналов с погрешностью линейности дисплея $\pm 0,13$ дБ в диапазоне частот от 100 кГц до 20 ГГц</p>	<p>Ваттметр поглощаемой мощности СВЧ NRP67T, рег. № 69958-17</p> <p>Анализатор спектра E4446A</p>
10.5 Определение абсолютной погрешности измерений модуля и фазы коэффициента отражения	<p>Эталоны единиц волнового сопротивления, комплексных коэффициентов отражения и передачи в коаксиальных волноводах в диапазоне частот от 0,01 до 20 ГГц, соответствующие требованиям к эталонам не ниже Вторичного эталона в соответствии с ГПС, утвержденной Приказом Росстандарта от 16.08.2023 № 1678, с типом соединителей 3,5 мм</p> <p>Эталоны единиц волнового сопротивления, комплексных коэффициентов отражения и передачи в коаксиальных волноводах в диапазоне частот от 0,01 до 20 ГГц, соответствующие требованиям к эталонам не ниже Вторичного эталона в соответствии с ГПС, утвержденной Приказом Росстандарта от 16.08.2023 № 1678, с типом соединителей 3,5 мм</p>	<p>Набор мер коэффициентов передачи и отражения ZV-Z235, рег. № 52112-12</p> <p>Набор мер НЗМ-13, рег. № 70750-18</p>

Продолжение таблицы 3

1	2	3
10.6 Определение абсолютной погрешности измерений модуля и фазы коэффициента передачи	Эталоны единиц волнового сопротивления, комплексных коэффициентов отражения и передачи в коаксиальных волноводах в диапазоне частот от 0,01 до 20 ГГц, соответствующие требованиям к эталонам не ниже Вторичного эталона в соответствии с ГПС, утвержденной Приказом Росстандарта от 16.08.2023 № 1678, с типом соединителей 3,5 мм	Набор мер коэффициентов передачи и отражения ZV-Z235, рег. № 52112-12
	Эталоны единиц волнового сопротивления, комплексных коэффициентов отражения и передачи в коаксиальных волноводах в диапазоне частот от 0,01 до 20 ГГц, соответствующие требованиям к эталонам не ниже Вторичного эталона в соответствии с ГПС, утвержденной Приказом Росстандарта от 16.08.2023 № 1678, с типом соединителей 3,5 мм	Набор мер НЗМ-13, рег. № 70750-18
Примечание – допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице, обеспечивающие передачу единицы величины поверяемому средству измерений с точностью, удовлетворяющей требованиям государственных поверочных схем.		

6. Требования 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 поверяемого анализатора и средств поверки.

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.

6.4 Средства поверки должны иметь защитное заземление.

6.5 Требования к количеству специалистов в целях обеспечения безопасности работ и возможности выполнения процедур поверки отсутствуют.

7. Внешний осмотр средства измерений

7.1 При внешнем осмотре анализатора установить:

- внешний вид анализаторов должен соответствовать описанию, приведённому в руководстве по эксплуатации;
- наличие пломб от несанкционированного доступа, установленных в местах согласно руководству по эксплуатации;
- наружная поверхность анализаторов не должна иметь следов механических повреждений, которые могут влиять на работу анализаторов и их органов управления;
- разъемы (СВЧ соединители измерительных портов) анализаторов должны быть чистыми, без механических повреждений (вмятин, забоин, отслаивания покрытия и т. д.) и заусениц на контактных и токонесущих поверхностях;
- комплектность анализаторов должна соответствовать указанной в технической документации изготовителя.

7.2 Результаты операции поверки по разделу 7 считать положительными, если результаты внешнего осмотра удовлетворяют п.7.1.

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 поверки в соответствующем разделе.

7.3 При получении отрицательных результатов по данной операции, процедуру поверки необходимо прекратить, результаты поверки оформить в соответствии с разделом 11 данной методики.

8. Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Контроль условий поверки

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

В противном случае поверка анализатора приостанавливается до выполнения условий, указанных в разделе 3.

8.2 Подготовка к работе и опробование

После включения анализатора убедиться в возможности установки режимов измерений и настройки основных параметров, отсутствии сообщений об ошибках.

Проверить отсутствие сообщений о неисправности на экране анализатора.

На анализаторе установить заводскую конфигурацию настроек прибора, выполнив следующие установки:

- [**PRESET**]

Результаты опробования считать удовлетворительными, если:

- при включении анализатора и загрузки программного обеспечения отсутствуют сообщения об ошибках;
- анализатор позволяет менять настройки параметров и режимы работы;
- после загрузки заводской конфигурации устанавливается уровень выходной мощности минус 10 дБ (1 мВт), на экране анализатора отображается измерительная трасса S21 в полном диапазоне частот.

При получении отрицательных результатов по данной операции, процедуру поверки необходимо прекратить, результаты поверки оформить в соответствии с разделом 11 данной методики.

9. Проверка программного обеспечения средства измерений

9.1 При помощи пользовательского интерфейса анализатора открыть меню «Setup» и выбрать пункт «Info...». В открывшемся окне выбрать вкладку «Hardware» и проверить соответствие указанных идентификационных данных программного обеспечения (далее – ПО).

9.2 Результаты проверки по данному пункту считать положительными, если идентификационные данные соответствуют указанным в таблице 4.

При получении отрицательных результатов по данной операции, процедуру поверки необходимо прекратить, результаты поверки оформить в соответствии с разделом 11 данной методики.

Таблица 4 - Идентификационные данные ПО

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	FW ZNB
Номер версии (идентификационный номер) ПО, не ниже	3.72
Цифровой идентификатор ПО (контрольная сумма исполняемого кода)	-

10. Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

10.1 Проверка диапазона рабочих частот и определение относительной погрешности установки частоты

10.1.1 Проверку диапазона рабочих частот и определение относительной погрешности установки частоты проводят методом прямых измерений с помощью частотомера универсального CNT-90XL (далее – частотомер), в качестве источника опорного сигнала 10 МГц используется стандарт частоты рубидиевый GPS-12RG (далее – стандарт).

Включить и подготовить к работе анализатор, стандарт и частотомер в соответствии с руководством по эксплуатации.

Собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 1.

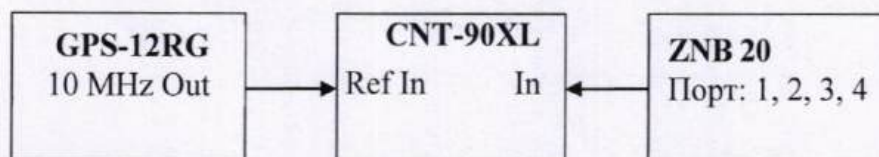


Рисунок 1 – Структурна схема проверки диапазона рабочих частот и определения относительной погрешности установки частоты

Подключить к измерительному порту 1 анализатора частотомер.

Установить параметры анализатора:

- [**PRESET**];
- [**SETUP** : Freq.Ref.: Internal];
- [**MEAS** : Wave : a1 Src Port 1];
- [**SWEEP** : Sweep Type : CW Mode];
- [**CENTER** : CW Frequency : **10 MHz**; Power : **0 dBm**];
- [**SWEEP** : Sweep Control : Single : Restart Sweep].

Измерить частоту выходного сигнала анализатора $f_{\text{изм}}$, Гц.

Установить параметры на анализаторе [**CENTER** : CW Frequency]: 100 kHz и 20 GHz.

Измерить частоту выходного сигнала для значений 100 кГц и 20 ГГц.

Провести аналогичные измерения для остальных портов анализатора.

Рассчитать относительную погрешность установки частоты δF по формуле

$$\delta F = \frac{F_{\text{физм}} - F_{\text{ном}}}{F_{\text{ном}}}, \quad (1)$$

где $F_{\text{ном}}$ – номинальное значение частоты, Гц.

10.1.2. Результаты операции поверки по 10.1 считать положительными, если диапазон рабочих частот анализатора соответствует, указанным в таблице 1, и рассчитанные по (1) значения относительной погрешности установки частоты δF находятся в пределах $\pm 1 \cdot 10^{-7}$.

10.2 Проверка динамического диапазона при полосе пропускания фильтра ПЧ 10 Гц

10.2.1 Проверку динамического диапазона анализатора проводят методом прямых измерений, путём измерения анализатором усредненных значений коэффициента передачи между измерительными портами анализатора, нагруженными на согласованные нагрузки оконечного типа из набора ZV-Z235 при максимальном уровне выходной мощности. Подключение калибровочных и эталонных мер производить с использованием ключа тарированного из набора калибровочных мер.

Подключить к измерительным портам 1 и 2 анализатора нагрузки согласованные оконечного типа.

Установить параметры на анализаторе:

- [**PRESET**];
- [**MEAS : S-Parameter : S21 (S12)**];
- [**POWER BW AVG : Power : 20 dBm**];
- [**POWER BW AVG : Bandwidth : 10 Hz**]
- [**POWER BW AVG : Average : Factor : 21 : On (установить флажок) : Reset**]
- [**SWEEP : Sweep Params : Number of points : 501**]

Задавать начальные и конечные частоты требуемых участков рабочего диапазона.

Выполнить автомасштабирование измерительной трассы:

- [**SCALE : Auto Scale Trace**].

После завершения процесса усреднения, при помощи маркера, определить и зафиксировать максимальное значение измерительной трассы S21 (а также S12) на соответствующем участке диапазона рабочих частот, указанных в таблице 5. Для этого выполнить следующие операции:

- [**MARKER : Marker Search : Max : Tracking (установить флажок)**].

Провести аналогичные измерения для остальных портов анализатора, используя порт 1 в качестве опорного и выбирая измерения трасс Si1 (а также S1i), где i – номер используемого порта. При этом нагрузку согласованную отключить от порта 2 и подключить к соответствующему порту.

10.2.2. Результаты операции поверки по 10.2 считать положительными, если значения максимального уровня мощности тестового сигнала в рабочем диапазоне частот не менее, указанных в таблице 1.

10.3 Проверка уровня собственного шума приемников, нормализованного к полосе 1 Гц

10.3.1 Проверку уровня собственного шума приемников, нормализованного к полосе 1 Гц, проводят методом прямых измерений с помощью согласованных нагрузок оконечного типа из набора ZV-Z235, присоединенных к измерительным портам анализатора.

Подключение калибровочных и эталонных мер производить с использованием ключа тарированного из набора калибровочных мер.

Подключить к измерительным портам 1 и 2 анализатора нагрузки согласованные оконечного типа.

Установить параметры на анализаторе:

- [**PRESET**];
- [**MEAS : Wave : b1 Src Port 2**] (для порта 1);
- [**POWER BW AVG : Power : -40 dBm**];
- [**POWER BW AVG : Power : RF Off All Channels**];
- [**POWER BW AVG : Bandwidth : 1 kHz**];
- [**POWER BW AVG : Average : Factor : 21 : On** (установить флажок) : **Reset**]
- [**SWEEP : Sweep Params : Number of points : 501**];

Выполнить автомасштабирование измерительной трассы:

- [**SCALE : Auto Scale Trace**].

После завершения процесса усреднения, при помощи маркера, определить максимальное значение $N_{ИЗМmax}$, дБ (1 мВт), для измерительной трассы «b1 Src Port 2» на соответствующем участке диапазона рабочих частот, указанных в таблице 6.

Установить параметры на анализаторе:

- [**MEAS : Wave : b2 Src Port 1**] (для порта 2).

Выполнить автомасштабирование измерительной трассы:

- [**SCALE : Auto Scale Trace**].

После завершения процесса усреднения, при помощи маркера, определить максимальное значение $N_{ИЗМmax}$, дБ (1 мВт), измерительной трассы «b2 Src Port 1» на соответствующем участке диапазона рабочих частот, указанных в таблице 6.

Подключить к измерительным портам 3 и 4 анализатора нагрузки согласованные оконечного типа.

Провести аналогичные измерения для портов 3 и 4 анализатора, выбирая значения измерительных трасс: «b3 Src Port 4» - для порта 3; «b4 Src Port 3» - для порта 4.

Зафиксировать результаты измерений.

Рассчитать уровень собственного шума приемников, нормализованный к полосе 1 Гц, N , дБ (1 мВт), по формуле

$$N = N_{ИЗМmax} - 30, \quad (2)$$

где $N_{ИЗМmax}$ – максимальное значение уровня собственного шума приемников на измерительной трассе при полосе пропускания 1 кГц, дБ (1 мВт)

10.3.2. Результаты операции поверки по 10.3 считать положительными, если значения уровня собственного шума приемников при полосе пропускания фильтра ПЧ 1 Гц не менее, указанных в таблице 1.

10.4 Проверка диапазона установки уровня выходной мощности и определение абсолютной погрешности установки и измерений уровня мощности минус 10 дБ (1 мВт).

10.4.1 Проверку диапазона установки уровня выходной мощности и определение абсолютной погрешности установки и измерений уровня мощности минус 10 дБ (1 мВт) проводят методом прямых измерений с помощью ваттметра поглощаемой мощности СВЧ NRP50T (далее - ваттметр) и анализатора спектра E4446A (далее – анализатор спектра).

10.4.1.1 Определение диапазона установки уровня выходной мощности.

Подготовить к работе ваттметр в соответствии с его руководством по эксплуатации.

Подключить ваттметр к измерительному порту 1 анализатора.

Установить параметры на анализаторе:

- [**PRESET**];
- [**MEAS : Power Sensor: Power Meter : Pmtr1, Source Port : Port1, Auto Zero**];
- [**POWER BW AVG : Power : 20 dBm**].

После завершения процесса развертки, при помощи маркера, определить максимальные значения выходной мощности анализатора $P_{\text{МАХ}}$, дБ, на соответствующем участке диапазона рабочих частот, указанных в таблице 1.

Зафиксировать результаты измерений.

Подготовить к работе анализатор спектра в соответствии с его руководством по эксплуатации.

Подключить анализатор спектра к измерительному порту 1 анализатора с помощью перехода измерительного и кабеля.

На анализаторе спектра установить центральную частоту 19 ГГц, полосу обзора 1 МГц, полосу пропускания 1 кГц.

Установить параметры на анализаторе:

- [**SWEEP** : Sweep Type : CW Mode];
- [**CENTER** : CW Frequency : 19 GHz];
- [**POWER BW AVG** : Power : -30 dBm].

После завершения процесса развертки, при помощи маркера, определить минимальные значение выходной мощности

.Провести аналогичные измерения для измерительных портов анализатора: 2, 3, 4.

10.4.1.2 Определение абсолютной погрешности установки уровня мощности минус 10 дБ (1 мВт).

При определении абсолютной погрешности установки уровня выходной мощности минус 10 дБ (1 мВт) подключить ваттметр к измерительному порту анализатора через переход измерительный и измерять уровень мощности. Измерения проводить на следующих фиксированных частотах $f_{\text{изм}}$: 100 кГц; 10 МГц; 50 МГц; 100 МГц; 500 МГц; 1 ГГц; 2 ГГц; 3 ГГц; 4 ГГц; 5 ГГц; 6 ГГц; 7 ГГц; 8 ГГц; 9 ГГц; 10 ГГц; 12 ГГц; 14 ГГц; 16 ГГц; 18 ГГц; 20 ГГц.

Подготовить к работе ваттметр в соответствии с его руководством по эксплуатации.

Подключить ваттметр к измерительному порту 1 анализатора.

Установить параметры на анализаторе:

- [**PRESET**];
- [**MEAS** : Wave : a1 Src Port 1];
- [**SWEEP** : Sweep Type : CW Mode];
- [**SWEEP** : Sweep Params : Number of Points 5];
- [**POWER BW AVG** : Bandwidth : 100 Hz];
- [**POWER BW AVG** : Power : -10 dBm];
- [**CENTER** : CW Frequency : $f_{\text{изм}}$];
- [**TRACE CONFIG** : Trace statistics : Mean/Std Dev/RMS];
- [**SWEEP** : Sweep Control : Single : Restart Sweep].

При смене рабочей частоты изменять параметр [**CENTER** : CW Frequency : $f_{\text{изм}}$].

Измерить ваттметром уровень выходной мощности на измерительном порте 1 анализатора P_I , дБ.

Рассчитать абсолютную погрешность установки уровня выходной мощности $\Delta P_{\text{уст}}$, дБ, по формуле

$$\Delta P_{\text{уст}} = P_{\text{ном}} - P_I, \quad (3)$$

где $P_{\text{ном}}$ – установленный уровень мощности минус 10 дБ (1 мВт), дБ

Выполнить операции пунктов на всех тестовых частотах.

Выполнить операции для измерительных портов 2, 3, 4, установив предварительно параметр [**MEAS** : Wave : a2 Src Port 2/ a3 Src Port 3/ a4 Src Port 4].

10.4.1.3 При определении абсолютной погрешности измерений уровня мощности анализатора в диапазоне частот подключить кабель СВЧ к измерительному порту 1 (2) и 3 (4) анализатора. К свободному концу кабеля СВЧ подключить ваттметр и провести измерения мощности. Отключить ваттметр от кабеля и свободный конец кабеля подключить к порту 2 (1) и 4 (3) анализатора. Измерить уровень мощности в приемнике b2 (b1) и b4 (b3) анализатора.

Измерения проводить для измерительных портов 1, 2, 3 и 4 на следующих фиксированных частотах: 100 кГц; 10 МГц; 50 МГц; 100 МГц; 500 МГц; 1 ГГц; 2 ГГц; 3 ГГц; 4 ГГц; 5 ГГц; 6 ГГц, 7 ГГц, 8 ГГц; 9 ГГц; 10 ГГц; 12 ГГц; 14 ГГц; 16 ГГц; 18 ГГц; 20 ГГц.

Установить параметры на анализаторе:

- [**PRESET**];
- [**MEAS** : Wave : b2 Src Port 1];
- [**POWER BW AVG** : Power : -10 dBm];
- [**SWEEP** : Sweep Type : CW Mode];
- [**SWEEP** : Sweep Params : Number of Points 5];
- [**POWER BW AVG** : Bandwidth : 100 Hz];
- [**TRACE CONFIG** : Trace statistics : Mean/Std Dev/RMS];
- [**CENTER** : CW Frequency : $f_{изм}$].

При смене рабочей частоты изменять параметр [**CENTER** : CW Frequency : $f_{изм}$].

Измерить уровень мощности $P_{1изм}$, дБ, на выходе кабеля СВЧ с помощью ваттметра.

Отключить ваттметр от кабеля и свободный конец кабеля подключить к порту 2 анализатора. Зафиксировать измеренное значение мощности в приемнике b2 анализатора Statistics Mean values: $P_{2изм}$, дБ.

Выполнить операции пунктов на всех фиксированных частотах.

Рассчитать абсолютную погрешность измерения уровня мощности $\Delta P_{изм}$, дБ, по формуле

$$\Delta P_{изм} = P_{2изм} - P_{1изм} \quad (4)$$

Выполнить операции пунктов для измерительных приемников b1 (порт 1), b4 (порт 3), b3 (порт 4), установив предварительно параметр [**MEAS** : Wave : b1 Src Port 2/ b4 Src Port 3/ b3 Src Port 4].

10.4.2. Результаты операции поверки по 10.4 считать положительными, если значения диапазона установки уровня выходной мощности и абсолютной погрешности установки и измерений уровня мощности минус 10 дБ (1 мВт) не выходят за пределы, указанных в таблице 1.

10.5 Определение абсолютной погрешности измерений модуля и фазы коэффициента отражения

10.5.1 Определение абсолютной погрешности измерений модуля и фазы коэффициента отражения проводят методом прямых измерений с помощью эталонных нагрузок из набора НЗМ-13 и после выполнения полной однопортовой калибровки анализатора с помощью автоматического калибровочного модуля из комплекта анализатора. В процессе проведения калибровки и в процессе последующих измерений, температура окружающей среды должна быть в пределах 23 ± 3 °С. Подключение калибровочных и эталонных мер производить с использованием ключа тарированного из набора калибровочных мер.

Установить параметры на анализаторах:

- [**PRESET**];
- [**MEAS** : S-Parameter : S11];
- [**POWER BW AVG** : Power : 0 dBm];
- [**POWER BW AVG** : Bandwidth : 10 Hz].

Установить количество точек таким, чтобы частоты измерений и частоты поверки эталонных мер из наборов мер коэффициентов передачи и отражения совпадали, для исключения погрешности интерполяции между точками.

Выполнить однопортовую калибровку порта 1 в соответствии с указаниями руководства по эксплуатации анализатора.

После выполнения калибровки подключать к порту 1 рассогласованную нагрузку из набора НЗМ-13.

Выбрать для трассы S11 формат отображения модуля коэффициента отражения в относительных единицах:

– [**FORMAT** : Lin Mag].

Выполнить автомасштабирование измерительной трассы:

– [**SCALE** : Auto Scale Trace].

Измерить с помощью маркеров модуль коэффициента отражения рассогласованной нагрузки $K_{Oизм}$ в относительных единицах в частотных точках: 10 МГц, 1 ГГц, 2 ГГц, 5 ГГц, 9 ГГц, 14 ГГц, 18 ГГц, 20 ГГц. Зафиксировать результаты измерений $K_{Oизм}$ относительные единицы.

Выбрать для трассы S11 формат отображения фазы коэффициента отражения в градусах:

– [**FORMAT** : Phase].

Выполнить автомасштабирование измерительной трассы:

– [**SCALE** : Auto Scale Trace].

Измерить с помощью маркеров фазу коэффициента отражения нагрузки $\Phi_{коизм}$, градус, в указанных выше частотных точках. Зафиксировать результаты измерений $\Phi_{коизм}$, градус.

Провести аналогичные измерения для остальных портов анализатора, установив предварительно параметр:

– [**MEAS** : S-Parameter : Sii],

где i - номер используемого порта.

Зафиксировать результаты измерений.

Рассчитать абсолютную погрешность измерений модуля коэффициента отражения ΔK_{O} , относительные единицы, и абсолютную погрешность измерений фазы коэффициента отражения $\Delta \Phi_{ко}$, градус, по формулам

$$\Delta K_{O} = K_{Oизм} - K_{Oэт}, \quad (5)$$

$$\Delta \Phi_{ко} = \Phi_{коизм} - \Phi_{коэт}, \quad (6)$$

где $K_{Oэт}$ – модуль коэффициента отражения эталонной меры на частоте поверки, относительные единицы;

$\Phi_{коэт}$ – фаза коэффициента отражения эталонной меры на частоте поверки, градус.

10.5.2. Результаты операции поверки по 10.5 считать положительными, если значения абсолютной погрешности измерений модуля ΔK_{O} и фазы $\Delta \Phi_{ко}$ коэффициента отражения не выходят за пределы, указанные в таблице 1.

10.6 Определение абсолютной погрешности измерений модуля и фазы коэффициента передачи

10.6.1 Определение абсолютной погрешности измерений модуля и фазы коэффициента передачи проводят методом прямых измерений с помощью эталонных мер комплексного коэффициента передачи из набора НЗМ-13 после выполнения полной двухпортовой калибровки анализатора с помощью кабеля СВЧ и автоматического калибровочного модуля из комплекта анализатора. В процессе проведения калибровки и в процессе последующих измерений, температура

окружающей среды должна быть в пределах 23 ± 3 °С. Подключение кабелей СВЧ, калибровочных и эталонных мер производить с использованием ключа тарированного из набора калибровочных мер.

Установить параметры на анализаторе:

- [**PRESET**];
- [**MEAS** : S-Parameter : S21];
- [**POWER BW AVG** : Power : 0 dBm];
- [**POWER BW AVG** : Bandwidth : 10 Hz].

Установить количество точек таким, чтобы частоты измерений и частоты поверки эталонных мер из наборов мер коэффициентов передачи и отражения совпадали, для исключения погрешности интерполяции между точками.

Подключить кабель СВЧ к измерительному порту 1 анализатора. Выполнить полную двухпортовую калибровку в плоскости выходного соединителя кабеля СВЧ и измерительного порта 2 анализатора в соответствии с указаниями руководства по эксплуатации.

Подключить аттенюатор фиксированный из комплекта НЗМ-13 с номинальным значением ослабления 10 дБ между кабелем СВЧ и измерительными портом 2 анализатора.

Выбрать для трассы S21 формат отображения модуля коэффициента передачи в дБ:

- [**FORMAT** : Log Mag].

Выполнить автомасштабирование измерительной трассы:

- [**SCALE** : Auto Scale Trace].

Измерить с помощью маркеров модуль комплексного коэффициента передачи $K_{Пизм}$, дБ, аттенюатора фиксированного в частотных точках: 10 МГц, 1 ГГц, 2 ГГц, 5 ГГц, 9 ГГц, 14 ГГц, 18 ГГц, 20 ГГц.

Выбрать для трассы S21 формат отображения фазы коэффициента передачи в градусах:

- [**FORMAT** : Phase].

Выполнить автомасштабирование измерительной трассы:

- [**SCALE** : Auto Scale Trace].

Измерить с помощью маркеров фазу комплексного коэффициента передачи $\Phi_{кпизм}$, градус, аттенюатора фиксированного, в указанных выше частотных точках.

Повторить измерения модуля и фазы коэффициента передачи для аттенюаторов фиксированных из комплекта НЗМ-13 с номинальными значениями ослабления 20 дБ, 30 дБ, 50 дБ (соединив вместе аттенюаторы 20 и 30 дБ), а также для режима измерений S12.

Повторить измерения модуля и фазы коэффициента передачи для режимов измерений для режимов измерений S43 и S34. Подключить кабель СВЧ к измерительному порту 3, выполнить полную двухпортовую калибровку в плоскости выходного соединителя кабеля СВЧ и измерительного порта 4 анализатора.

Рассчитать абсолютную погрешность измерений модуля коэффициента передачи $\Delta K_{П}$, дБ, и абсолютную погрешность измерений фазы коэффициента передачи $\Delta \Phi_{кп}$, градус, по формулам

$$\Delta K_{П} = K_{Пизм} - K_{Пэт}, \quad (7)$$

$$\Delta \Phi_{кп} = \Phi_{кпизм} - \Phi_{кпэт}, \quad (8)$$

где $K_{Пэт}$ – модуль коэффициента передачи эталонной меры на частоте поверки, дБ;

$\Phi_{кпэт}$ – фаза коэффициента передачи эталонной меры на частоте поверки, градус.

10.6.2. Результаты операции поверки по 10.5 считать положительными, значения абсолютной погрешности измерений модуля $\Delta K_{П}$ и фазы $\Delta \Phi_{кп}$ коэффициента передачи не выходят за пределы, указанных в таблице 1.

10.7 Критериями принятия специалистом, проводившим поверку, решения по подтверждению соответствия средства измерений метрологическим требованиям, установленным при утверждении типа, является обязательное выполнение всех процедур, перечисленных в разделах 8; 9; 10 и соответствие действительных значений метрологических характеристик анализаторов цепей векторных ZNB20 требованиям, указанным в пунктах 10.1 - 10.6 данной методики поверки.

10.8 При получении отрицательных результатов по любой из процедур, перечисленных в разделах 8; 9; 10 или несоответствии действительных значений метрологических характеристик анализаторов цепей векторных ZNB20 требованиям, указанным в пунктах 10.1 - 10.6 принимается решение о несоответствии средства измерений метрологическим требованиям, установленным при утверждении типа.

11. Оформление результатов поверки

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

11.2 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.


11.3 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. Гольшак

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



И. С. Медведева