



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» марта 2026 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

АНАЛИЗАТОРЫ ЦЕПЕЙ ВЕКТОРНЫЕ ENA32

Методика поверки

РТ-МП-169-441-2026

г. Москва
2026 г.

1 Общие положения

Настоящая методика распространяется на анализаторы цепей векторные ENA32 (далее - анализаторы) и устанавливает порядок и объем их первичной и периодической поверки.

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 года № 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 августа 2023 г. № 1678, подтверждающей прослеживаемость к государственному первичному эталону ГЭТ 75-2023;

Для обеспечения реализации методики поверки при определении метрологических характеристик по пунктам 10.1 - 10.8 применяется метод прямых измерений.

2 Перечень операций поверки средства измерений

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

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции поверки	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
Проверка динамического диапазона при полосе пропускания фильтра ПЧ 10 Гц	Да	Да	10.2
Определение среднего уровня собственного шума приемников	Да	Да	10.3

Окончание таблицы 1

1	2	3	4
Проверка диапазона установки уровня выходной мощности и определение абсолютной погрешности установки уровня выходной мощности	Да	Да	10.4
Определение абсолютной погрешности измерений уровня входной мощности минус 10 дБ (1 мВт)	Да	Да	10.5
Определение среднеквадратического отклонения шумов измерительной трассы	Да	Да	10.6
Определение абсолютной погрешности измерений модуля и фазы коэффициента отражения	Да	Да	10.7
Определение абсолютной погрешности измерений модуля и фазы коэффициента передачи	Да	Да	10.8
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 в ГОСТ 8.395-80 «Государственная система обеспечения единства измерений. Нормальные условия измерений при поверке. Общие требования»:

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

4 Требование к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 К проведению поверки анализаторов цепей векторных ENA32 допускаются специалисты, имеющие необходимую квалификацию, освоившие работу с анализаторами и применяемыми средствами поверки, изучившие настоящую методику поверки.

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

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки анализаторов 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 +18 °C до +28 °C с абсолютной погрешностью $\pm 0,5$ °C	Термогигрометр UNITESS THB 1B, рег. № 70481-18
	Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 30 % до 80 % с абсолютной погрешностью $\pm 3,0$ %	

Продолжение таблицы 2

1	2	3
10.1 Определение относительной погрешности частоты опорного генератора	Эталоны единиц частоты, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 4 разряда в соответствии с ГПС, утвержденной приказом Росстандарта от 26.09.2022 № 2360; диапазон измерений частоты от 100 кГц до 3 ГГц	Частотомер универсальный CNT-90XL, рег. № 41567-09
10.2 Проверка динамического диапазона при полосе пропускания фильтра ПЧ 10 Гц	Нагрузки согласованные: - диапазон частот от 0 до 3 ГГц, - КСВН не более 1,15	Наборы мер коэффициентов передачи и отражения ZV-Z270, рег. №52112-12
10.3 Определение среднего уровня собственного шума приемников		
10.4 Проверка диапазона установки уровня выходной мощности и определение абсолютной погрешности установки уровня выходной мощности	Эталоны единиц мощности электромагнитных колебаний, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 3 разряда в соответствии с ГПС, утвержденной приказом Росстандарта от 30.12.2019 № 3461, в диапазоне частот от 100 кГц до 3 ГГц; в диапазоне значений мощности от $3 \cdot 10^{-4}$ до 10^2 мВт	Ваттметр поглощаемой мощности СВЧ NRP18T, рег. № 69958-17
	Средства измерений отношения мощностей в диапазоне частот от 100 кГц до 3 ГГц; в динамическом диапазоне от минус 60 до 0 дБ (1 мВт), с пределами относительной погрешности измерений уровня мощности входного сигнала из-за нелинейности шкалы в диапазоне измерений уровня $\pm 0,2$ дБ, относительно установленного опорного уровня	Анализаторы спектра FSW26, рег. № 52615-13
10.5 Определение абсолютной погрешности измерений уровня входной мощности минус 10 дБ (1 мВт)	Эталоны единиц мощности электромагнитных колебаний, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 3 разряда в соответствии с ГПС, утвержденной приказом Росстандарта от 30.12.2019 № 3461, в диапазоне частот от 100 кГц до 3 ГГц; в диапазоне значений мощности от $3 \cdot 10^{-4}$ до 10^2 мВт	Ваттметр поглощаемой мощности СВЧ NRP18T, рег. № 69958-17
	Средства измерений для воспроизведения синусоидального сигнала в диапазоне частот от 100 кГц до 3 ГГц с уровнем мощности от минус 10 до 10 дБ (1 мВт)	Генератор сигналов SMA100B, с опцией B103 рег. № 68980-20

Окончание таблицы 2

1	2	3
10.6 Определение среднеквадратического отклонения шумов измерительной трассы	Нагрузки короткозамкнутые диапазон частот от 0 до 3 ГГц	Наборы мер коэффициентов передачи и отражения ZV-Z270, рег. №52112-12
10.7 Определение абсолютной погрешности измерений модуля и фазы коэффициента отражения	Эталоны единицы комплексного коэффициента отражения в коаксиальных волноводах и средства измерений, соответствующие требованиям к вторичным эталонам в соответствии с приказом Росстандарта от 16.08.2023 № 1678, в диапазоне частот от 100 кГц до 3 ГГц; в диапазоне значений модуля комплексного коэффициента отражения от 0 до 1 для согласованных нагрузок; в диапазоне значений модуля комплексного коэффициента отражения от 0,091 до 0,333 для рассогласованных нагрузок; в диапазоне значений фазы комплексного коэффициента отражения от 0 до 360°	Наборы мер коэффициентов передачи и отражения ZV-Z270, рег. №52112-12 Наборы мер НЗМ-11, рег. №70750-18
10.8 Определение абсолютной погрешности измерений модуля и фазы коэффициента передачи	Эталоны единицы комплексного коэффициента передачи в коаксиальных волноводах и средства измерений, соответствующие требованиям к вторичным эталонам в соответствии с приказом Росстандарта от 16.08.2023 № 1678, в диапазоне частот от 100 кГц до 3 ГГц; в диапазоне значений модуля комплексного коэффициента передачи от 10 до 60 для аттенуаторов; в диапазоне значений фазы комплексного коэффициента передачи от 0 до 360°	Наборы мер НЗМ-11, 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.		

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При проведении поверки необходимо соблюдать:

- общие правила техники безопасности в соответствии с требованиями ГОСТ 12.2.003 «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 анализаторы.

6.2 К проведению поверки допускаются специалисты, изучившие требования безопасности по ГОСТ 22261-94 «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 анализатора должен соответствовать фотографиям, приведенным в описании типа на данный анализатор;
- комплектность анализатора соответствует указанной в эксплуатационной документации;
- наличие маркировки, подтверждающей тип средства измерений и серийный номер;
- наличие пломб от несанкционированного доступа, установленных в местах согласно руководству по эксплуатации 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, отслаивания покрытия и т. д.) и заусенцы на контактных и токонесущих поверхностях анализатора, а также кабеля измерительного, набора калибровочных мер;
- отсутствуют посторонние частицы внутри соединителей анализатора, а также кабеля измерительного, набора калибровочных мер из комплекта анализатора.

7.2 Провести визуальный контроль чистоты соединителей анализатора и калибровочных мер. В случае обнаружения посторонних частиц провести чистку соединителей. Процедура чистки соединителей включает в себя их продувку сжатым воздухом (использовать баллончик со сжатым воздухом или резиновую грушу) с целью удаления частиц пыли и частиц отслоившихся токопроводящих покрытий и протирку токоведущих поверхностей соединителей спиртом этиловым ректификованным. Протирку производить при помощи ватной палочки, смоченной в спирте. Центральный проводник соединителя «розетка» допускается чистить только продувкой сжатым воздухом.

После протирки просушить соединители и убедиться в отсутствии остатков спирта внутри соединителей. Провести визуальный контроль чистоты соединителей, убедиться в отсутствии посторонних частиц. В случае необходимости чистку повторить.

7.3 Результаты выполнения операции считать положительными, если выполняются вышеуказанные требования. Результаты внешнего осмотра зафиксировать в протоколе.

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

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

8.2 Подготовка к поверке

Ознакомиться с порядком установки анализатора на рабочее место, порядком включения и управления анализатором, приведенными в руководстве по эксплуатации ЦТПЕ.411228.001 РЭ.

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

Запустить анализатор и выдержать во включенном состоянии не менее 30 минут.

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 и возможность установки на выходе анализатора номинальных значений уровня выходной мощности минус 10 и 0 дБ (1 мВт) и отображения соответствующей трассы.

8.3.2 Установить на анализаторе параметры по умолчанию, тип сканирования линейный от 100 кГц до 3 ГГц, тип измерений MEAS: Absolute: R(1).

Установить уровень выходной мощности 0 дБ (1 мВт) и проверить наличие трассы на номинальном уровне 0 дБ (1 мВт). Установить уровень выходной мощности минус 10 дБ (1 мВт) и убедиться в соответствующем изменении трассы.

Повторить для второго порта, установив на анализаторе тип измерений MEAS: Absolute: R(2).

8.3.3 Результаты опробования считать удовлетворительными, если при загрузке управляющего программного обеспечения анализатора не возникают сообщения об ошибках; на всех портах анализатора обеспечивается индикация мощности опорного приемника для номинальных уровней 0 и минус 10 дБ (1 мВт). Результаты опробования зафиксировать в протоколе.

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

9 Проверка программного обеспечения

9.1. Анализатор работает под управлением встроенного программного обеспечения (ПО). Для проверки номера версии ПО:

- запустить анализатор цепей;

- номер версии ПО отображается в строке Software Version по запросу пользователя при нажатии в меню ПО: [SYSTEM: System Information].

Зафиксировать номер версии ПО в протоколе.

Номер версии программного обеспечения анализатора должен быть не ниже указанного в описании типа средства измерений.

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

10 Определение метрологических характеристик средства измерений

10.1 Определение относительной погрешности частоты опорного генератора

Определение относительной погрешности частоты опорного генератора проводят методом прямых измерений с помощью частотомера универсального CNT-90XL (далее - CNT-90XL).

10.1.1 Подключить выход опорного генератора RefOut поверяемого анализатора к входу «А» CNT-90XL. Измерить частоту опорного генератора с помощью CNT-90XL и зафиксировать результаты измерений как $F_{\text{изм}}$.

10.2 Проверка динамического диапазона при полосе пропускания фильтра ПЧ 10 Гц

Проверку динамического диапазона при полосе пропускания фильтра ПЧ 10 Гц проводят методом прямых измерений с помощью нагрузок согласованных из набора мер коэффициентов передачи и отражения ZV-Z270 (далее - ZV-Z270).

Подключить к измерительным портам 1 и 2 анализатора нагрузки согласованные из состава ZV-Z270.

Установить параметры анализатора:

- [PRESET: Ok];
- [MEAS: S21];
- [SWEEP SETUP: Power: 10 dBm];
- [SWEEP SETUP: Points: 501];
- [AVG: IF Bandwidth: 10 Hz];
- [AVG: Averaging: On];
- [AVG: Avg Factor: 20];
- [SCALE: Reference Value: -100].

10.2.1 Задать параметры автоматического тестирования предельных линий:

- [ANALYSIS: Limit Test: Edit Limit Line];
- [ANALYSIS: Limit Test: ON].

Заполнить таблицу предельных линий в соответствии со значениями, приведенными в таблице 3.

Таблица 3 – Предельные линии для определения динамического диапазона

Type	Begin Stimulus	End Stimulus	Begin Response	End Response
Max	100 kHz	300 kHz	-100	-100
Max	300 kHz	5 MHz	-105	-105
Max	5 MHz	3 GHz	-128	-128

Зафиксировать результаты тестирования, отображаемые в верхнем правом углу на экране анализатора, как Pass или Fail.

Повторить измерения для первого порта, выбрав параметр S12 в качестве измеряемой кривой.

Зафиксировать результаты тестирования.

ВНИМАНИЕ! Во всех пунктах данной методики поверки, где используются наборы калибровочных и эталонных мер, подключение мер производить только с использованием ключа тарированного из состава наборов мер коэффициентов передачи и отражения ZV-Z270.

10.3 Определение среднего уровня собственного шума приемников

Определение среднего уровня собственного шума приемников проводят методом прямых измерений с помощью нагрузок согласованных из набора мер коэффициентов передачи и отражения ZV-Z270.

10.3.1 Подключить к измерительным портам 1 и 2 анализатора согласованные нагрузки из состава ZV-Z270.

10.3.2 Установить на анализаторе следующие параметры:

- [PRESET: Ok];
- [MEAS: Absolute: A(2)]; для порта 1
- [SWEEP SETUP: Power: RF Out: Off];
- [SWEEP SETUP: Points: 501];
- [AVG: IF Bandwidth: 10 Hz];
- [AVG: Averaging: On];
- [AVG: Avg Factor: 10];
- [SCALE: Reference Value: -100].

10.3.3 Задать параметры автоматического тестирования предельных линий в меню:

- [ANALYSIS: Limit Test: Edit Limit Line];
- [ANALYSIS: Limit Test: ON].

Заполнить таблицу предельных линий в соответствии со значениями, приведенными в таблице 4.

Таблица 4 - Предельные линии для тестирования собственного шума приемников

Type	Begin Stimulus	End Stimulus	Begin Response	End Response
Max	100 kHz	300 kHz	-90	-90
Max	300 kHz	5 MHz	-95	-95
Max	5 MHz	3 GHz	-118	-118

Зафиксировать результаты тестирования, отображаемые в верхнем правом углу на экране анализатора, как Pass или Fail.

Повторить измерения для второго порта, выбрав [MEAS: Absolute: B(1)] в качестве измеряемой кривой.

Зафиксировать результаты тестирования.

10.4 Проверка диапазона установки уровня выходной мощности и определение абсолютной погрешности установки уровня выходной мощности

Проверку диапазона установки уровня выходной мощности и определение абсолютной погрешности установки уровня выходной мощности проводят методом прямых измерений.

Для значений уровня выходной мощности от минус 20 до 10 дБ (1 мВт) измерения проводят с помощью ваттметра поглощаемой мощности СВЧ NRP18T (далее – NRP18T).

Для значений уровня выходной мощности от минус 55 до минус 20 дБ (1 мВт) измерения проводят с помощью анализатора спектра FSW26 (далее – FSW26).

10.4.1 Выполнить соединение средств измерений в соответствии со схемой, приведенной на рисунке 1

Подключить USB вход NRP18T к управляющему ПК. Запустить программное обеспечение Power Viewer NRP18T. Подключить СВЧ вход NRP18T к первому порту поверяемого анализатора.

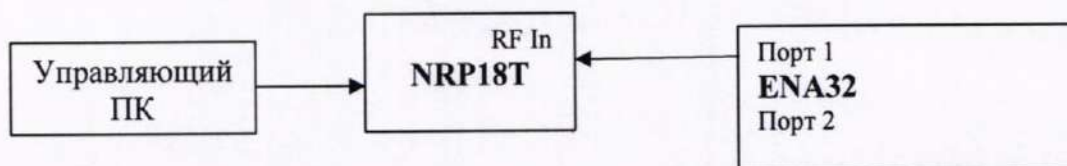


Рисунок 1 – Структурная схема соединения СИ для определения абсолютной погрешности установки уровня выходной мощности от минус 20 до 10 дБ (1 мВт)

Измерения проводить на следующих фиксированных частотах $F_{изм}$: 100 кГц, 10 МГц, 100 МГц, 500 МГц, 1 ГГц, 2 ГГц, 3 ГГц.

Установить параметры анализатора:

- [PRESET: Ok];
- [MEAS: Absolute: R(1)]; для порта 1
- [CENTER: $F_{изм}$];
- [SPAN: 0 Hz];
- [SWEEP SETUP: Points: 5];
- [SWEEP SETUP: Power: -10 dBm];

При смене рабочей частоты изменять параметр [CENTER: $F_{изм}$].

С помощью NRP18T измерить уровень выходной мощности и зафиксировать результаты измерений как P_{NRP} .

Повторить измерения для уровней выходной мощности $P_{уст}$ 0, минус 10, минус 20 дБ (1 мВт). Зафиксировать результаты измерений как P_{NRP} .

10.4.2 Подключить FSW26 к первому порту поверяемого анализатора при помощи СВЧ кабеля.

Установить параметры анализатора:

- [PRESET: Ok];
- [MEAS: Absolute: R(1)]; для порта 1
- [CENTER: 100kHz];
- [SPAN: 0 Hz];
- [SWEEP SETUP: Points: 5];
- [SWEEP SETUP: Power: 0 dBm].

На FSW26 установить частоту 100 кГц, опорный уровень 0 дБ (1 мВт), полосу пропускания 100 Гц.

Выбрать в меню «MKR FUNC» FSW26 режим относительных измерений уровня сигнала с помощью фиксированного опорного маркера относительно уровня 0 дБ (1 мВт).

Последовательно устанавливая на анализаторе уровень выходной мощности $P_{уст}$ минус 30, минус 40, минус 55 дБ (1 мВт), провести измерение уровня мощности с помощью FSW26 и зафиксировать результаты измерений как P_{FSW} .

Повторить измерения по п. 10.4.2 на частотах 1 ГГц и 3 ГГц.

Зафиксировать результаты измерений.

10.4.3 Выполнить операции по пунктам 10.4.1 - 10.4.2 для измерительного порта 2 анализатора, установив предварительно параметр:

- [MEAS: Absolute: R(2)] для порта 2.

Зафиксировать результаты измерений.

10.5 Определение абсолютной погрешности измерений уровня входной мощности минус 10 дБ (1 мВт)

Определение абсолютной погрешности измерений уровня входной мощности минус 10 дБ (1 мВт) проводят методом прямых измерений с помощью ваттметра поглощаемой мощности NRP18T (далее – NRP18T) и генератора сигналов SMA100B (далее – SMA100B).

Выполнить соединение средств измерений в соответствии со схемой, приведенной на рисунке 2. Делитель мощности подключить к первому порту поверяемого анализатора.

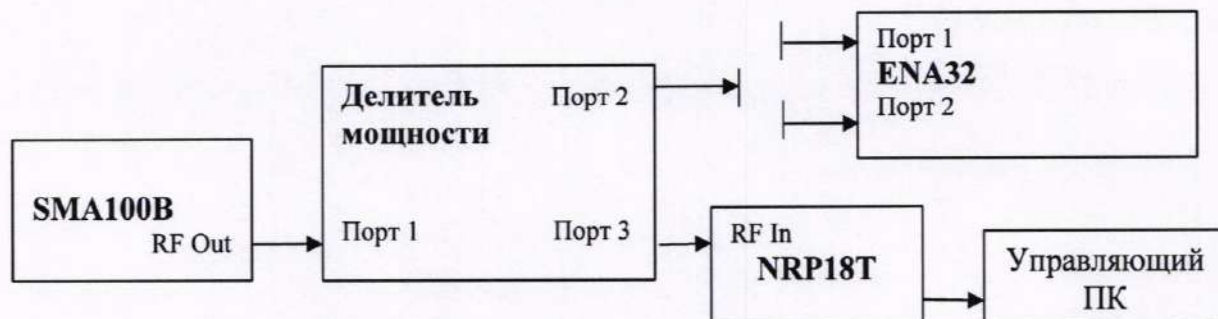


Рисунок 2 – Структурная схема соединения СИ для определения абсолютной погрешности измерений уровня мощности

Установить параметры анализатора:

- [PRESET: Ok];
- [MEAS: Absolute: A(2)];
- [CENTER: $F_{изм}$];
- [SPAN: 0 Hz];
- [SWEEP SETUP: Points: 5];
- [AVG: IF Bandwidth: 1 kHz];
- [SWEEP SETUP: Power: -10 dBm];
- [MARKER FCTN: Statistics: On].

Измерения проводить на фиксированных частотах $F_{изм}$: 100 кГц, 10 МГц, 100 МГц, 500 МГц, 1 ГГц, 2 ГГц, 3 ГГц.

Установить на выходе SMA100B частоту $F_{изм}$ и такой уровень мощности, чтобы на входе первого порта поверяемого анализатора уровень мощности составлял от минус 11 до минус 9 дБ (1 мВт). Зафиксировать результаты измерений уровня мощности приемником первого порта «Statistics Mean» поверяемого анализатора как $P_{изм}$ и NRP18T как P_{NRP} .

Отключить делитель мощности от порта 1 анализатора и подключить его к порту 2, установив предварительно параметр [MEAS: Absolute: B(1)]. Повторить измерения для приемника второго порта.

10.6 Определение среднеквадратического отклонения шумов измерительной трассы

Определение среднеквадратического отклонения шумов измерительной трассы проводят методом прямых измерений с помощью нагрузок короткозамкнутых из набора мер коэффициентов передачи и отражения ZV-Z270.

Подключить к измерительному порту 1 анализатора нагрузку короткозамкнутую из состава ZV-Z270.

Установить параметры анализатора:

- [PRESET: Ok];
- [MEAS: S11];
- [SWEEP SETUP: Power: 0 dBm];
- [SWEEP SETUP: Points: 10001];

- [AVG: IF Bandwidth: 1 kHz];
- [START: 100 kHz];
- [STOP: 300 kHz];
- [DISPLAY: Data->Mem];
- [DISPLAY: Data->Math: Data/Mem];
- [SCALE: Auto Scale];
- [MARKER FCTN: Statistics: On].

Зафиксировать параметры среднеквадратического отклонения шумов измерительной трассы.

Переключить формат отображения на значения фазы и аналогично зафиксировать результат среднеквадратического отклонения шумов измерительной трассы:

- [FORMAT: Phase].

Повторить измерения для частотных диапазонов от 300 кГц до 5 МГц, от 5 МГц до 3,0 ГГц.

Повторить измерения для второго измерительного порта анализатора и зафиксировать результаты измерений.

10.7 Определение абсолютной погрешности измерений модуля и фазы коэффициента отражения

Определение абсолютной погрешности измерений модуля и фазы коэффициента отражения (КО) проводят методом прямых измерений с помощью набора мер коэффициентов передачи и отражения ZV-Z270 и набора мер НЗМ-11.

10.7.1 Определение абсолютной погрешности измерений модуля и фазы коэффициента отражения выполнить после выполнения полной однопортовой калибровки.

В процессе проведения калибровки и в процессе последующих измерений, изменение температуры окружающего воздуха должно быть в пределах $\pm 1^\circ\text{C}$.

10.7.2 Выполнить сброс анализатора в заводское состояние ([PRESET]). Установить диапазон частот от 100 кГц до 3 ГГц, полосу пропускания фильтра ПЧ 10 Гц, уровень выходной мощности минус 10 дБ (1 мВт). Установить количество точек таким, чтобы частоты измерений и частоты поверки эталонных мер КО совпадали, для исключения погрешности интерполяции между точками.

Выполнить однопортовую калибровку первого порта анализатора в соответствии с руководством по эксплуатации.

10.7.3 Выбрать для измерительной трассы S11 формат отображения «Lin Mag» при измерении модуля КО или формат отображения «Phase» при измерении фазы КО. Последовательность измерения эталонных мер КО описана ниже.

10.7.4 Подключить к порту 1 анализатора эталонную нагрузку KCBH = 1,2 из набора мер НЗМ-11.

10.7.5 Определить с помощью маркеров значения модуля $\Gamma_{\text{изм}}$ и фазы $\Phi_{\text{изм}}$ КО на частотах 100 кГц, 100 МГц, 500 МГц, 1 ГГц, 2 ГГц, 3 ГГц. Зафиксировать результаты измерений.

10.7.6 Повторить измерения по п. 10.7.4 - 10.7.5 для эталонных нагрузок: KCBH = 2 из набора мер НЗМ-11, нагрузок согласованной (НС), холостого хода (ХХ) и короткого замыкания (КЗ) из набора мер коэффициентов передачи и отражения ZV-Z270. Зафиксировать результаты измерений.

10.7.7 Выполнить однопортовую калибровку второго порта анализатора в соответствии с руководством по эксплуатации.

Выполнить операции по п. 10.7.4 - 10.7.6 для второго порта и зафиксировать результаты измерений.

10.8 Определение абсолютной погрешности измерений модуля и фазы коэффициента передачи

Определение абсолютной погрешности измерений модуля и фазы коэффициента передачи (КП) проводят методом прямых измерений с помощью аттенуаторов из набора мер НЗМ-11.

Определение погрешности измерений модуля и фазы коэффициента передачи (КП) выполняется после проведения полной двухпортовой калибровки анализатора. В процессе проведения калибровки и последующих измерений изменение температуры окружающего воздуха должно быть в пределах $\pm 1^\circ\text{C}$.

Выполнить предустановку анализатора:

- [PRESET: Ok];
- [MEAS: S21];
- [AVG: IF Bandwidth: 10 Hz];
- [SWEEP SETUP: Power: -10 dBm].

Установить количество точек таким образом, чтобы частоты измерений и частоты поверки эталонных мер коэффициента передачи совпадали для исключения погрешности интерполяции между точками.

Подключить кабель СВЧ (N «вилка» - «вилка») к измерительным порту 1 анализатора. Выполнить полную двухпортовую калибровку в конфигурации «розетка» - «вилка» в соответствии с указаниями руководства по эксплуатации анализатора.

Установить между портом 2 и кабелем СВЧ подключенному к порту 1 аттенуатор 10 дБ из состава набора мер НЗМ-11.

Определить с помощью маркеров значения модуля $A_{\text{изм}}$ и фазы $\Phi_{\text{изм}}$ коэффициента передачи на частотах 100 кГц, 300 кГц, 5 МГц, 500 МГц, 1 ГГц, 2 ГГц, 3 ГГц для КП = -10 дБ для измерительных трасс S21 и S12. Зафиксировать результаты измерений.

Повторить измерения для КП = минус 30, минус 40, минус 60 дБ, используя аттенуаторы (или сборки из аттенуаторов) из комплекта набора мер НЗМ-11.

Зафиксировать результаты измерений.

11 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

11.1 Для полученных в пункте 10.1 результатов измерений $F_{\text{изм}}$ рассчитать относительную погрешность частоты опорного генератора $\delta F_{\text{ог}}$ по формуле

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

где $F_{\text{ном}}$ – номинальное значение частоты опорного генератора (10 МГц), Гц;
 $F_{\text{изм}}$ – измеренное значение частоты опорного генератора, Гц.

Результаты поверки по данной операции считаются удовлетворительными, если значение относительной погрешности частоты опорного генератора не превышает $\pm 2 \cdot 10^{-6}$.

11.2 Результаты проверки по пункту 10.2 считаются удовлетворительными, если тестирование по предельным линиям выполняется с результатом «Pass».

11.3 Результаты проверки по пункту 10.3 считаются удовлетворительными, если тестирование по предельным линиям выполняется с результатом «Pass».

11.4 Для полученных в пункте 10.4 результатов измерений P_{NRP} и P_{FSW} , рассчитать по формулам (2) и (3) абсолютную погрешность установки уровня выходной мощности $\Delta P_{уст}$.

$$\Delta P_{уст} = P_{уст} - P_{NRP}, \quad (2)$$

где $P_{уст}$ – установленные на анализаторе значения уровня выходной мощности, дБ (1 мВт).

P_{NRP} – показания ваттметра поглощаемой мощности СВЧ NRP18T, дБ (1 мВт);

$$\Delta P_{уст} = P_{уст} - P_{FSW} + \Delta P_{уст0}, \quad (3)$$

где $P_{уст}$ – установленный на анализаторе значение уровня выходной мощности, дБ (1 мВт);

P_{FSW} – измеренное измерительным приемником значение мощности на выходе анализатора, дБ (1 мВт).

$\Delta P_{уст0}$ – абсолютная погрешность установки уровня выходной мощности рассчитанная по формуле (2) для уровня выходной мощности 0 дБ (1 мВт), дБ

Результаты операции поверки по пункту 10.4 считаются удовлетворительными, если рассчитанные по формулам 2 - 3 значения абсолютной погрешности установки уровня выходной мощности для всех установленных значений в диапазоне частот, дБ (1 мВт), не выходят за пределы $\pm 1,5$ дБ.

11.5 Для полученных в пункте 10.5 результатов измерений $P_{изм}$ и P_{NRP} рассчитать абсолютную погрешность измерений уровня входной мощности минус 10 дБ (1 мВт) $\Delta P_{вх}$, дБ, по формуле

$$\Delta P_{вх} = P_{изм} - P_{NRP}, \quad (4)$$

где $P_{изм}$ – показания ваттметра поглощаемой мощности СВЧ NRP18T, дБ (1 мВт);

P_{NRP} – измеренное анализатором значения уровня входной мощности, дБ (1 мВт).

Результаты поверки по данной операции считаются удовлетворительными, если абсолютная погрешность измерений уровня входной мощности минус 10 дБ (1 мВт), $\Delta P_{вх}$, не выходит за пределы $\pm 1,5$ дБ.

11.6 Результаты операции поверки по пункту 10.6 считаются удовлетворительными, если среднеквадратические отклонения шумов измерительной трассы не превышают значений указанных в таблице 5.

Таблица 5 – Среднеквадратическое отклонение шумов измерительной трассы

Наименование характеристики		Значение	
Среднеквадратическое отклонение шумов измерительной трассы при измерении модуля/фазы коэффициента отражения, при фильтре ПЧ 1 кГц, уровне входного сигнала 0 дБ (1 мВт), в диапазоне частот, дБ/градус, не более		модуль	фаза
	от 100 до 300 кГц включ.	0,008	0,060
	св. 300 кГц до 3,0 ГГц	0,005	0,040

11.7 Для полученных в пункте 10.7 значений модуля коэффициента отражения $\Gamma_{\text{изм}}$, отн. ед. и фазы коэффициента отражения $\Phi_{\text{изм}}$, градус, рассчитать по формулам (5) и (6) абсолютную погрешность измерений модуля и фазы коэффициента отражения.

$$\Delta\Gamma = \Gamma_{\text{изм}} - \Gamma_{\text{эт}}, \quad (5)$$

где $\Delta\Gamma$ - абсолютная погрешность измерений модуля коэффициента отражения, отн. ед.;
 $\Gamma_{\text{изм}}$ - измеренное анализатором значение модуля коэффициента отражения, отн. ед.;
 $\Gamma_{\text{эт}}$ - модуль коэффициента отражения эталонной нагрузки, отн. ед.

$$\Delta\Phi_{\text{КО}} = \Phi_{\text{изм}} - \Phi_{\text{эт}}, \quad (6)$$

где $\Delta\Phi_{\text{КО}}$ - абсолютная погрешность измерений фазы коэффициента отражения, градус;
 $\Phi_{\text{изм}}$ - измеренное анализатором значение фазы коэффициента отражения, градус;
 $\Phi_{\text{эт}}$ - фаза коэффициента отражения эталонной нагрузки, градус.

Результаты операции поверки по пункту 10.7 считаются удовлетворительными, если полученные значения абсолютной погрешности измерений модуля коэффициента отражения $\Delta\Gamma$, отн. ед. (для каждого порта и каждой нагрузки) и фазы коэффициента отражения $\Delta\Phi_{\text{КО}}$ (для каждого порта и каждой нагрузки кроме нагрузки НС) не выходят за пределы, указанные в таблице 6.

Таблица 6 – Допускаемые значения абсолютной погрешности измерений модуля и фазы коэффициента отражения

Наименование характеристики	Нагрузка	Значение	
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля коэффициента отражения в диапазоне от 0,017 до 1, отн. ед.	НС		$\pm 0,008$
	КСВН = 1,2		$\pm 0,011$
	КСВН = 2,0	$\pm(0,008+0,03 \cdot S_{11} +0,012 \cdot S_{11} ^2)$	$\pm 0,019$
	КЗ, ХХ		$\pm 0,051$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений фазы коэффициента отражения в диапазоне S_{11} от 0,017 до 1, градус	КСВН = 1,2	$\pm(1+57 \cdot \arcsin(\Delta S_{11} / S_{11}))$	$\pm 7,7$
	КСВН = 2,0		$\pm 4,3$
	КЗ, ХХ		$\pm 3,9$

11.8 Для полученных в пункте 10.8 значений модуля и фазы коэффициента передачи рассчитать по формуле (7) и (8) абсолютную погрешность измерения модуля и фазы коэффициента передачи.

$$\Delta A = A_{\text{изм}} - A_{\text{эт}}, \quad (7)$$

где ΔA - абсолютная погрешность измерения модуля коэффициента передачи, дБ;
 $A_{\text{изм}}$ - измеренное анализатором значение модуля коэффициента передачи, дБ.;
 $A_{\text{эт}}$ - модуль коэффициента передачи эталонной меры, дБ.

$$\Delta\Phi_{\text{КП}} = \Phi_{\text{изм}} - \Phi_{\text{эт}}, \quad (8)$$

где $\Delta\Phi_{\text{КП}}$ - абсолютная погрешность измерения фазы коэффициента передачи, градус;
 $\Phi_{\text{изм}}$ - измеренное анализатором значение фазы коэффициента передачи, градус;
 $\Phi_{\text{эт}}$ - фаза коэффициента передачи эталонной меры, градус.

Результаты операции поверки по пункту 10.8 считаются удовлетворительными, если полученные значения абсолютной погрешности измерений модуля коэффициента передачи ΔA , дБ и фазы коэффициента передачи $\Delta \Phi_{\text{кп}}$, градус, не выходят за пределы, указанные в таблице 7.

Таблица 7 – Допускаемые значения абсолютной погрешности измерений модуля и фазы коэффициента передачи

Наименование характеристики	Модуль коэффициента передачи	Значение	
		модуль	фаза
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля/фазы коэффициента передачи, дБ/градус, для уровня выходной мощности минус 10 дБ (1 мВт), в зависимости от модуля коэффициента передачи, дБ	от -70 до -50 включ.	$\pm 1,5$	$\pm 15,0$
	св. -50 до -35 включ.	$\pm 0,35$	$\pm 3,0$
	св. -35 до -15 включ.	$\pm 0,3$	$\pm 2,5$
	св. -15 до 0	$\pm 0,4$	$\pm 3,0$

11.9 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 анализаторов требованиям, указанным в пунктах 11.1 – 11.8 настоящей методики;

обеспечение прослеживаемости поверяемых анализаторов к государственным первичным эталонам единиц величин:

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

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»;

к ГЭТ 75-2023 «Государственный первичный эталон единицы волнового сопротивления в коаксиальных волноводах».

11.10 При получении отрицательных результатов по любой из процедур, перечисленных в разделах 8.3; 9; 10 или несоответствии действительных значений метрологических характеристик анализаторов требованиям, указанным в пунктах 11.1 – 11.8, принимается решение о несоответствии средства измерений метрологическим требованиям, установленным при утверждении типа.

12 Оформление результатов поверки

12.1 Результаты проверки внешнего осмотра, опробования, программного обеспечения, 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 её 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.

При наличии в комплекте анализатора набора калибровочных мер, тип и серийный номер набора заносят в протокол поверки и при оформлении свидетельства в свидетельство о поверке.

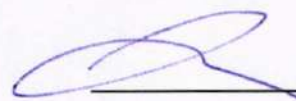
12.3 При положительных результатах поверки по заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдается свидетельство о поверке средства измерений, при отрицательных результатах поверки выдается извещение о непригодности к применению средства измерений. Свидетельство о 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. Гольшак

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



А. С. Каледин