

СОГЛАСОВАНО

Первый заместитель генерального
директора - заместитель по научной
работе ФГУП «ВНИИФТРИ»



_____ А.Н. Щипунов

_____ 2021 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

**Анализаторы цепей векторные
ZNA**

**МЕТОДИКА ПОВЕРКИ
ZNA-2021МП**

р.п. Менделеево
2021 г.

Содержание

1	Общие положения	3
2	Перечень операций поверки средства измерений	4
3	Требования к условиям поверки	5
4	Требования к специалистам, осуществляющим поверку	5
5	Метрологические и технические требования к средствам поверки	5
6	Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки	6
7	Внешний осмотр средства измерений	6
8	Подготовка к поверке и опробование средства измерений	6
9	Проверка программного обеспечения	7
10	Определение метрологических характеристик средства измерений	7
11	Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	17
12	Оформление результатов поверки	22

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки (далее - МП) устанавливает методы и средства первичной и периодической поверок анализаторов цепей векторных ZNA модификаций ZNA50, ZNA67 (далее – анализаторы ZNA), изготовленные фирмой «Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG», Германия, и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверок.

1.2 Первичной поверке подлежат анализаторы ZNA до ввода в эксплуатацию и после ремонта. Периодической поверке подлежат анализаторы ZNA, находящиеся в эксплуатации и на хранении.

1.3 При проведении поверки должна быть обеспечена прослеживаемость поверяемых анализаторов ZNA:

- к государственному первичному эталону единицы волнового сопротивления в коаксиальных волноводах ГЭТ 75-2017 в соответствии с ГОСТ Р 8.813-2013 «ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений волнового сопротивления, комплексных коэффициентов отражения и передачи в коаксиальных волноводах в диапазоне частот от 0,01 до 65,00 ГГц»;

- к государственному первичному эталону единиц времени, частоты и национальной шкалы времени ГЭТ 1-2018 в соответствии с Приказом Росстандарта № 1621 от 31.07.2018 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений времени и частоты»;

- к государственному первичному эталону единицы ослабления электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 0 до 178 ГГц ГЭТ 193-2011 в соответствии с Приказом Росстандарта №3383 от 30.12.2019 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений ослабления напряжения постоянного тока и электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 20 Гц до 178,4 ГГц»;

- к государственному первичному эталону единицы мощности электромагнитных колебаний в волноводных и коаксиальных трактах в диапазоне частот от 0,03 до 37,50 ГГц ГЭТ 26-2010 в соответствии с Приказом Росстандарта № 3461 от 30.12.2019 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений мощности электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 9 кГц до 37,5 ГГц»;

- к государственному первичному эталону единицы мощности электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 37,5 до 118,1 ГГц ГЭТ 167-2021 в соответствии с приказом Росстандарта № 2839 от 29.12.2018 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений мощности электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 37,50 до 78,33 ГГц».

Поверка анализаторов ZNA может осуществляться только аккредитованным, на проведение поверки в соответствии с законодательством Российской Федерации об аккредитации в национальной системе аккредитации лицом, в соответствии с его областью аккредитации.

1.4 Для обеспечения реализации методики поверки при определении метрологических характеристик применяются методы прямых и косвенных измерений.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ

2.1 При проведении поверки анализаторов ZNA должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки анализаторов ZNA

Наименование операции	Методы поверки (номер пункта)	Обязательность проведения при поверке	
		первичной	периодической
Внешний осмотр средства измерений	7	да	да
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	8	да	да
Идентификация программного обеспечения средства измерений	9	да	да
Определение метрологических характеристик средства измерений	10	да	да
Определение присоединительных размеров	10.1	да	да
Определение относительной погрешности установки частоты опорного генератора	10.2	да	да
Определение динамического диапазона DR штатно в полосе пропускания 10 Гц	10.3	да	нет
Определение уровня собственного шума приемников	10.4	да	да
Определение среднеквадратического значения шумов измерительной трассы	10.5	да	нет
Определение диапазона установки уровня выходной мощности и абсолютной погрешности установки и измерений уровня мощности минус 10 дБ (1 мВт)	10.6	да	да
Определение нелинейности приемников относительно уровня 0 дБ (1 мВт) в диапазоне уровней	10.7	да	да
Определение нескорректированных параметров	10.8	да	нет
Определение абсолютной погрешности измерений модуля и фазы коэффициента отражения	10.9	да	да
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	11	да	да

2.2 На основании письменного заявления владельца СИ допускается проводить периодическую поверку анализаторов ZNA для меньшего числа измеряемых величин:

- в ограниченном диапазоне частот до верхней граничной частоты модификации ZNA50 (50 ГГц) в части операций по пунктам 10.2 – 10.9;
- без определения метрологических характеристик измерительных портов 3 и 4 в части операций по пунктам 10.2 – 10.9;
- без определения метрологических характеристик в части операций по пунктам 10.1 и 10.9. при отсутствии в комплекте анализаторов ZNA наборов мер ZN-Z224 (ZN-Z218).

2.3 При получении отрицательных результатов по любому пункту таблицы 1 поверяемый анализатор ZNA бракуется и направляется в ремонт.

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, °С.....от 18 до 28;
- относительная влажность окружающей среды, %, не более..... 80;

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 Поверка должна осуществляться лицами со средним или высшим техническим образованием, аттестованными в качестве поверителей в области радиотехнических измерений в установленном порядке и имеющим квалификационную группу электробезопасности не ниже второй.

4.2 Перед проведением поверки поверитель должен предварительно ознакомиться с документом ZNA «Анализаторы цепей векторные ZNA. Руководство по эксплуатации» (далее - ZNA РЭ).

4.3 Поверка осуществляется одним специалистом.

5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

5.1 Рекомендуемые средства поверки, в том числе рабочие эталоны и средства измерений, приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Перечень средств поверки

Номер пункта методики поверки	Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
10.1	Машина трёхкоординатная измерительная мультисенсорная DELTEC LEOS 200 (рег. № 60863-15): диапазон измерений по оси X от 0 до 200 мм, по оси Y - от 0 до 200 мм, по оси Z - от 0 до 150 мм, $\Delta L = \pm(2,8+4L/1000)$ мкм, где L измеренная длина в [мм]
10.2	Стандарт частоты и времени рубидиевый Ч1-92: сигнал частотой 10 МГц, пределы допускаемой относительной погрешности воспроизводимых частот $\pm 2 \cdot 10^{-10}$
10.2	Частотомер универсальный CNT-90XL: сигнал частотой 10 МГц, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений частоты $\pm 2 \cdot 10^{-9}$
10.6, 10.7	Ваттметр поглощаемой мощности СВЧ NRP67T: диапазон частот от 0,01 до 67 ГГц, диапазон измерений мощности от $3 \cdot 10^{-4}$ до 10^2 мВт, рабочий эталон 2 разряд по Приказу Росстандарта от 30.12.2019 № 3461
10.7	Ваттметр поглощаемой мощности СВЧ селективный NRQ6: диапазон частот от 1 до 5 ГГц, диапазон измерений мощности от минус 60 до 10 дБ (1 мВт)
10.6; 10.7	Генератор сигналов SMA100B с опцией B167: диапазон частот от 0,01 до 67 ГГц, диапазон установки уровня от минус 60 до 10 дБ (1 мВт)
10.3 – 10.5; 10.8; 10.9	Набор мер коэффициентов передачи и отражения ZV-Z224: диапазон частоты от 0,01 до 50 ГГц (вторичный эталон по ГОСТ 8.813-2013)
10.3 – 10.5; 10.8; 10.9	Набор мер коэффициентов передачи и отражения ZV-Z218: диапазон частот 0,01 до 65 ГГц (вторичный эталон по ГОСТ 8.813-2013)
10.6	Анализатор спектра FSU67: диапазон частот от 0,01 до 67 ГГц, диапазон измеряемого уровня от минус 120 до плюс 15 дБ (1 мВт), неравномерность АЧХ ± 4 дБ
10.1 – 10.9	Измеритель влажности и температуры ИВТМ-7: диапазон измерения температур от минус 10 до плюс 60 °С, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,2$ °С, диапазон измерения влажности от 10 до 95 %, пределы допускаемой абсолютной погрешности ± 2 %

Примечание - Во всех пунктах данной методики поверки, где используются меры из набора мер коэффициентов передачи и отражения (далее – НМПКО), подключение мер производить только с использованием ключа тарированного из этого набора.

Для поверки анализатора ZNA модификации ZNA50 использовать НМПКО ZV-Z224.

Для поверки анализатора ZNA модификации ZNA67 использовать НМПКО ZV-Z218.

Данные НМПКО должны быть поверены с присвоением статуса вторичного эталона на ГЭТ 75-2017.

5.2 Допускается использовать аналогичные средства поверки, обеспечивающие определение метрологических характеристик с требуемой точностью.

5.3 Применяемые средства поверки должны быть исправны и поверены, применяемые средства поверки утверждённого типа СИ в качестве эталонов единиц величин должны быть исправны и поверены с присвоением соответствующего разряда, по требованию государственных поверочных схем.

6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки необходимо соблюдать общие правила техники безопасности в соответствии с требованиями ГОСТ 12.2.003-91 «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 24 июля 2013 года № 328н «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок», а также требования безопасности, приведённые в эксплуатационной документации на анализаторы.

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

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР

7.1 При проведении внешнего осмотра установить соответствие анализаторов ZNA следующим требованиям:

- внешний вид анализаторов ZNA должен соответствовать фотографиям, приведённым в описании типа на данное средство измерений;
- наличие маркировки, подтверждающей тип, и заводской номер;
- наличие пломб от несанкционированного доступа, установленных в местах согласно описанию типа на данное средство измерений.
- наружная поверхность не должна иметь следов механических повреждений, которые могут влиять на работу прибора и его органов управления;
- разъемы должны быть чистыми;
- комплектность анализаторов ZNA должна соответствовать указанной в технической документации фирмы-изготовителя.

Результаты поверки считать положительными, если выполняются вышеуказанные требования.

7.2 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.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Подготовка к поверке

Порядок установки анализатора ZNA на рабочее место, включения, управления и дополнительная информация приведены в документе «Анализаторы цепей векторные ZNA. Руководство по эксплуатации».

Убедиться в выполнении условий проведения поверки.

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

Выдержать анализатор ZNA во включенном состоянии не менее 60 минут.

Выдержать средства поверки во включенном состоянии в течение времени, указанного в их руководствах по эксплуатации.

8.2 Опробование

Проверить отсутствие сообщений о неисправности на экране анализатора ZNA после его включения.

Загрузить заводскую конфигурацию анализатора ZNA:

- [**SETUP** : System Config... : Set Factory Preset];
- [**PRESET**].

Результаты опробования считать удовлетворительными, если после включения и загрузки программного обеспечения анализатора ZNA не возникают сообщения об ошибках; после загрузки заводской конфигурации устанавливается полный диапазон частот анализатора ZNA, уровень выходной мощности минус 10 дБ (1 мВт), на экране анализатора ZNA отображается измерительная трасса коэффициента передачи S21.

9 ПРОВЕРКА ПРОГРАМНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Проверить отсутствие ошибок при включении анализатора ZNA. Идентификационное наименование и номер версии программного обеспечения анализатора ZNA отображаются при нажатии клавиш: **Help>About...**

Наименование и номер версии ПО должны соответствовать указанным в таблице 3.

Таблица 3 - Идентификационные данные программного обеспечения (ПО)

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	FW ZNA
Номер версии (идентификационный номер) ПО	не ниже 2.20
Цифровой идентификатор ПО	-

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

10.1 Определение присоединительных размеров

Определение присоединительных размеров нагрузок и переходов коаксиальных из комплекта набора мер ZN-Z224 (ZN-Z218) проводят методом прямых измерений путём измерения рецессии с помощью машины трёхкоординатной измерительной мультисенсорной DELTEC LEOS 200.

Провести измерения рецессии (см. рисунок 1) коаксиальных разъёмов каждой нагрузки и каждого адаптера с помощью машины трёхкоординатной измерительной мультисенсорной DELTEC LEOS 200.

Зафиксировать результаты измерений.

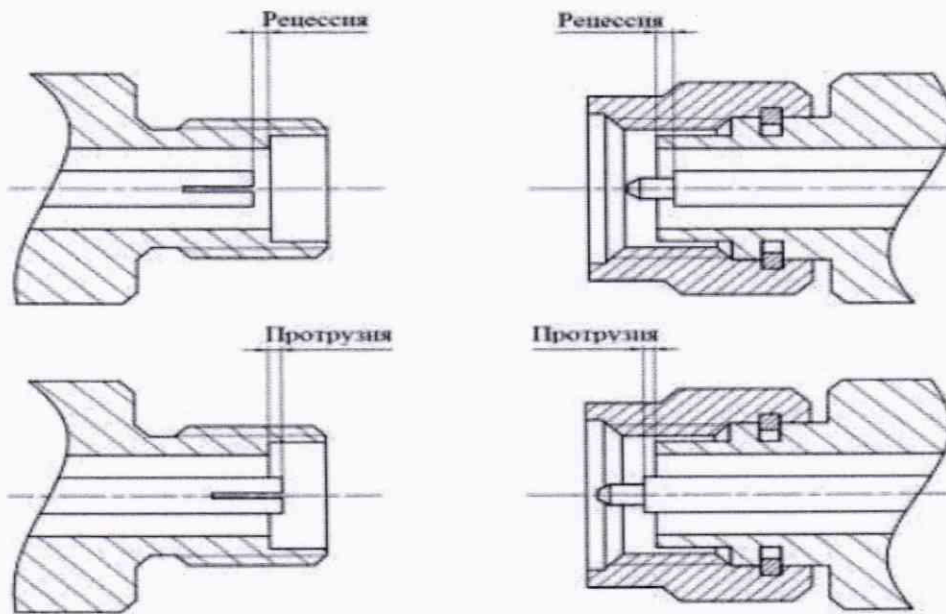


Рисунок 1 – Рецессия и протрузия коаксиальных разъемов

Результаты поверки считать положительными, если присоединительные размеры соответствуют п.11.1.

10.2 Определение относительной погрешности установки частоты опорного генератора

Определение относительной погрешности установки частоты внутреннего опорного генератора проводят методом прямых измерений с помощью частотомера универсального CNT-90XL и стандарта частоты рубидиевого Ч1-92, который используется в качестве опорного генератора.

Относительную погрешность установки частоты внутреннего опорного генератора на частоте 10 МГц определить путем измерения сигнала внутренней опорной частоты $F_{ном}$ равной 10 МГц на задней панели анализатора ZNA. Выполнить соединение средств измерений в соответствии со схемой, приведённой на рисунке 2.

Подключить к выходу Reference Out 10 MHz анализатора ZNA частотомер электронно-счетный CNT-90XL, работающий от внешней опорной частоты 10 МГц со стандарта частоты Ч1-92.

Установить параметры анализатора ZNA:

- [PRESET];
- [SETUP:Freq.Ref.: Internal].

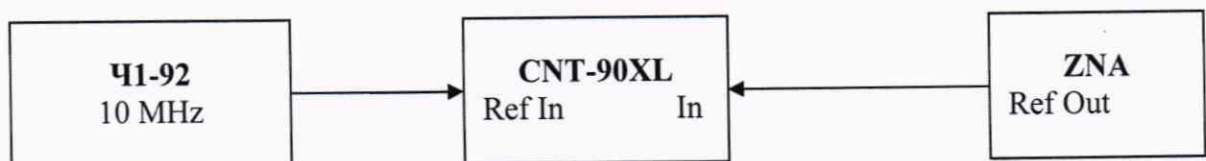


Рисунок 2 – Схема измерения частоты опорного генератора

Измерить частоту опорного генератора анализатора ZNA, зафиксировать результаты измерений частотомером как F_{CNT} .

Результаты поверки считать положительными, если относительная погрешность установки частоты опорного генератора соответствует п.11.2.

10.3 Определение динамического диапазона DR штатно в полосе пропускания 10 Гц

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

Подключить к первому и второму измерительным портам анализатора ZNA нагрузки согласованные из соответствующего НМКПО.

Установить параметры анализатора ZNA:

- [**PRESET**];
- [**MEAS : S21** (и также S12)];
- [**PwrBwAvg: Power : 20dBm**];
- [**PwrBwAvg: Bandwidth : 10 Hz**];

Если установлены опции B3X:

- [**PwrBwAvg: Receiver Step Atten : 10 dB** для опорного порта]
- [**PwrBwAvg: Receiver Step Atten : 0 dB** для измеряемого порта];

- [**MARKER**];
- [**SWEEP : Sweep Type: CW Mode**];
- [**CENTER : CW Frequency Физм**];
- [**SWEEP: Number of points : 21**];
- [**TRACE CONFIG : Trace statistics: Mean/Std Dev/RMS**];
- [**SWEEP:Sweep Control : Single**];
- [**SWEEP: Sweep Control: Restart Sweep**].

Частоты **Физм** на которых проводятся измерения выбирают из таблицы 7 п.11.3.

Для каждого указанного частотного поддиапазона (которые также зависят от установленной опции) выбирают 3 частоты: нижняя, средняя, верхняя частота поддиапазона. При этом к указанному в таблице значению нижней частоты в [МГц] нужно прибавить 1 кГц, к значению нижней частоты в [ГГц] нужно прибавить 1 МГц.

***Примечание** - Во всех остальных пунктах данной методики поверки, где измерения проводятся на частотах **Физм** , выбор частот **Физм** из указанных в соответствующих таблицах поддиапазонов частот, проводить в соответствии с вышеуказанной методикой выбора частот.*

С помощью маркера анализатора ZNA, определить значения измерительной трассы S21 (а также S12) на частотах **Физм**.

Выполнить операции пункта для остальных портов анализатора ZNA.

Зафиксировать результаты измерений.

Результаты поверки считать положительными, если значения динамического диапазона в полосе пропускания фильтра ПЧ 10 Гц соответствуют п.11.3.

10.4 Определение уровня собственного шума приемников

Определение уровня собственного шума приемников проводят методом прямых измерений с помощью нагрузок согласованных из НМКПО.

Подключить к первому и второму измерительным портам анализатора ZNA нагрузки согласованные из соответствующего НМКПО.

Установить параметры анализатора ZNA:

- [**PRESET**];
- [**MEAS : Wave Quantities: b1 Source Port 2**] (для порта 1);
- [**POWER: Power : RF Off All Channels**];

- [PwrBwAvg: Bandwidth : 1 kHz];
Если установлены опции B3X:
 [PwrBwAvg: Receiver Step Atten : 0 dB];
- [SWEEP : Sweep Type: CW Mode];
- [CENTER : CW Frequency **F_{изм}** :];
- [SWEEP: Number of points : 21];
- [TRACE CONFIG: Trace statistics: Mean/Std Dev/RMS];
- [SWEEP:Sweep Control : Single];
- [SWEEP: Sweep Control: Restart Sweep].

Частоты **F_{изм}**, на которых проводятся измерения, выбирают из таблицы 8 п.11.4.

С помощью маркера анализатора ZNA, определить значение измерительной трассы «b1 SourcePort 2» **N_{1кГц}** на частотах **F_{изм}**. Зафиксировать результаты измерений.

Установить параметры анализатора ZNA:

- [MEAS : Wave Quantities : b2 Source Port 1] (для порта 2).

С помощью маркера анализатора ZNA, определить значение измерительной трассы «b2 SourcePort 1» **N_{1кГц}** на частотах **F_{изм}**. Зафиксировать результаты измерений.

Выполнить операции пункта для остальных портов анализатора ZNA.

Зафиксировать результаты измерений.

Результаты проверки считать положительными, если значения уровня собственного шума приемников соответствуют п.11.4.

10.5 Определение среднеквадратического значения шумов измерительной трассы

Определение среднеквадратического значения шумов измерительной трассы проводят методом прямых измерений с помощью нагрузок короткозамкнутых и холостого хода из НМКПО.

10.5.1 Определение среднеквадратического значения шумов измерительной трассы при измерении модуля коэффициента отражения

Подключить к измерительному порту 1 анализатора ZNA нагрузку короткозамкнутую.

Установить параметры анализатора ZNA:

- [PRESET];
- [MEAS : S11];
- [PwrBwAvg:Power : 0 dBm];
- [PwrBwAvg: Bandwidth : 100 kHz];
- [SWEEP : Sweep Type: CW Mode];
- [SWEEP :Numberofpoints: 21];
- [CENTER : CW Frequency **F_{изм}** :];
- [TRACE CONFIG: Trace statistics: Mean/Std Dev/RMS];
- [SWEEP:Sweep Control : Single];
- [SWEEP: Sweep Control: Restart Sweep].

Частоты **F_{изм}**, на которых проводятся измерения, выбирают из таблицы 9 п.11.5.

Зафиксировать измеренное среднеквадратическое значение шумов при измерении модуля коэффициента отражения на частоте **F_{изм}** (Statistics Std Dev value): **SDshort**.

Подключить к измерительному порту 1 анализатора ZNA нагрузку холостого хода.

Зафиксировать измеренное среднеквадратическое значение шумов при измерении модуля коэффициента отражения на частоте **F_{изм}** (Statistics Std Dev value): **SDopen**.

Из значений: **SDshort** и **SDopen** выбрать максимальные.

Выполнить операции пункта для остальных портов анализатора ZNA.

Зафиксировать результаты измерений.

10.5.2 Определение среднеквадратического значения шумов измерительной трассы при измерении фазы коэффициента отражения

Подключить к измерительному порту 1 анализатора ZNA нагрузку короткозамкнутую.

Установить параметры анализатора ZNA:

- [**PRESET**];
- [**MEAS** : S11];
- [**SETUP** : System Config: User Interface: Trailing Digits: Degree: 3];
- [**FORMAT**: unwr Phase];
- [**PwrBwAvg**: Power : 0 dBm];
- [**PwrBwAvg**: Bandwidth : 100 kHz];
- [**SWEEP** : Sweep Type: CW Mode];
- [**SWEEP** :Numberofpoints:21];
- [**CENTER** : CW Frequency **Fизм**:];
- [**TRACE CONFIG**: Trace statistics: Mean/Std Dev/RMS];
- [**SWEEP**:Sweep Control : Single];
- [**SWEEP**: Sweep Control: Restart Sweep].

Зафиксировать измеренное среднеквадратическое значение шумов при измерении фазы коэффициента отражения на частоте **Fизм** (Statistics Std Dev value): **SDSHORT**.

Подключить к измерительному порту 1 анализатора ZNA нагрузку холостого хода.

Зафиксировать измеренное среднеквадратическое значение шумов при измерении фазы коэффициента отражения на частоте **Fизм** (Statistics Std Dev value): **SDOPEN**.

Из значений: **SDSHORT** и **SDOPEN** выбрать максимальные.

Выполнить операции пункта для остальных портов анализатора ZNA.

Зафиксировать результаты измерений.

Результаты поверки считать положительными, если среднеквадратические значения шумов измерительной трассы соответствуют п.11.5.

10.6 Определение диапазона установки уровня выходной мощности и абсолютной погрешности установки и измерений уровня мощности минус 10 дБ (1 мВт)

Определение диапазона установки уровня выходной мощности и абсолютной погрешности установки и измерений уровня мощности минус 10 дБ (1 мВт) проводят методом прямых измерений с помощью ваттметра поглощаемой мощности NRP67T, анализатора спектра FSU67 и генератора сигналов SMA100B.

10.6.1 Для проведения проверки диапазона установки уровня выходной мощности подключить ваттметр NRP67T через адаптер NRP-Z4 к одному из USB разъемов анализатора ZNA.

Подключить ваттметр NRP67T к измерительному порту 1 анализатора ZNA через переход измерительный.

Установить параметры анализатора ZNA:

- [**PRESET**];
- [**MEAS** : Wave Quantities: a1 Source Port 1];
- [**SWEEP** : Sweep Type: CW Mode];
- [**CENTER** : CW Frequency **Fизм**:];
- [**PwrBwAvg** : Power : 20dBm];
- [**SWEEP**:Sweep Control : Single];
- [**SWEEP**: Sweep Control: Restart Sweep].

Частоты **Fизм**, на которых проводятся измерения, выбирают из таблицы 10 п.11.6.

Зафиксировать показания ваттметра NRP67T для всех частот **Fизм** в [dBm] как **Pmax**.

Провести аналогичные измерения для остальных портов анализатора ZNA.

Зафиксировать результаты измерений.

Подключить анализатор спектра FSU67 к измерительному порту 1 анализатора ZNA через адаптер и кабель измерительный.

Установить параметры анализатора ZNA:

- [**PRESET**];
- [**MEAS** : Wave Quantities: a1 Source Port 1];
- [**SWEEP** : Sweep Type: CW Mode];
- [**CENTER** : CW Frequency $F_{\text{изм}}$];
- [**PwrBwAv** : Power : -80 dBm];
- Если установлены опции B2X:
[**PwrBwAv:Power** : -120 dBm];
- [**SWEEP:Sweep Control** : Single];
- [**SWEEP**: Sweep Control: Restart Sweep].

Установить параметры анализатора спектра FSU67:

- [**PRESET**];
- [**FREQ** : CENTER $F_{\text{изм}}$];
- [**AMPT**: Ref Levell: -70dBm];
- [**AMPT**: RF ATTEN MANUAL: 0 dB];
- [**AMPT**: PREAMP: ON];
- [**BW** : Res BW Manual : 1 Hz];
- [**SPAN** : 100 Hz] ;
- [**TRACE** : Trace 1 : DETECTOR: RMS];
- [**SWEEP** : Time : AUTO].

Частоты $F_{\text{изм}}$, на которых проводятся измерения, выбирают из таблицы 10 п.11.6.

Зафиксировать показания маркера анализатора спектра FSU67 для всех частот $F_{\text{изм}}$ в [dBm] как P_{min} .

Выполнить операции пункта для остальных портов анализатора ZNA.

Зафиксировать результаты измерений.

10.6.2 Для определения абсолютной погрешности установки уровня выходной мощности минус 10 дБ (1 мВт) и погрешности измерений уровня мощности минус 10 дБ (1 мВт) опорным каналом анализатора ZNA в диапазоне частот, подключить ваттметр NRP67T к измерительному порту анализатора ZNA через переход измерительный и измерить уровень мощности. Измерения проводить на следующих фиксированных частотах F : 10 МГц; 50 МГц; 100 МГц; 500 МГц; от 1 ГГц до 10 ГГц с шагом 1 ГГц; от 10 ГГц до 50 ГГц с шагом 2 ГГц. Для модификации ZNA67 дополнительно от 50 ГГц до 66 ГГц с шагом 2 ГГц; 67 ГГц. Последовательность операций описана ниже.

Подготовить к работе ваттметр NRP67T в соответствии с его руководством по эксплуатации.

Установить параметры анализатора ZNA:

- [**PRESET**];
- [**MEAS** : Wave Quantities : a1 Source Port 1];
- [**SWEEP** : Sweep Type : CW Mode];
- [**PwrBwAvg**: Bandwidth : 1kHz];
- [**PwrBwAvg**: Power : -10 dBm];
- [**CENTER** : CW Frequency : F];
- [**SWEEP**:Sweep Control : Single];

- [**SWEEP**: Sweep Control: Restart Sweep].

При смене рабочей частоты изменять параметр [**CENTER** : CW Frequency :F].

Измерить ваттметром уровень выходной мощности на порте анализатора ZNA в [dBm] и зафиксировать результаты измерений как **P1изм**.

Зафиксировать измеренное значение мощности в опорном канале анализатора ZNA в [dBm] как **P2изм**.

Выполнить операции пункта для всех указанных частот.

Выполнить операции пункта для остальных портов анализатора ZNA.

Зафиксировать результаты измерений.

10.6.3 Для определения абсолютной погрешности измерений уровня выходной мощности минус 10 дБ (1 мВт) приемным каналом анализатора ZNA выполнить соединение средств измерений в соответствии со схемой, приведенной на рисунке 3.

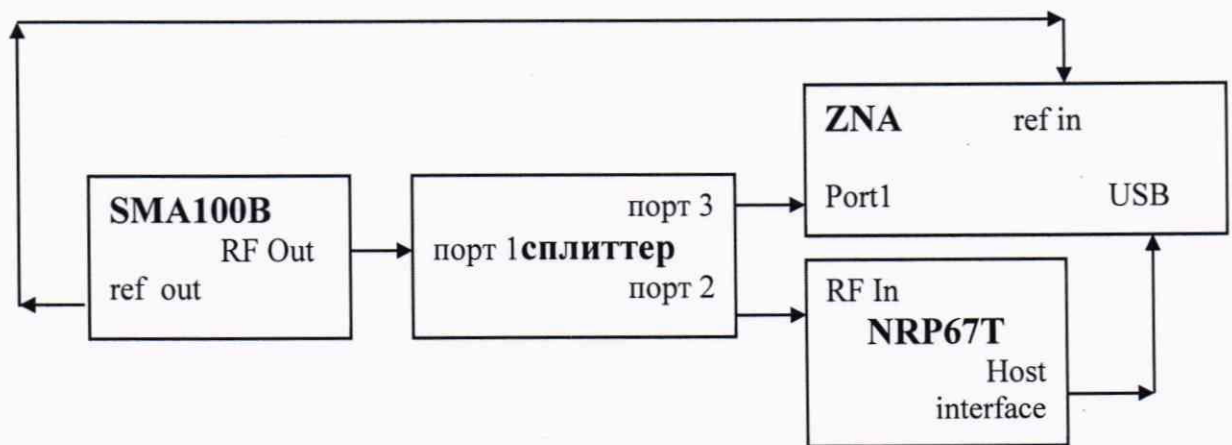


Рисунок 3 – Схема измерения уровня выходной мощности минус 10 дБ (1 мВт)

Подключить порт 1 сплиттера к выходу генератора сигналов SMA100B с опцией B167 через измерительный кабель ZV-Z193 (допускается использовать другие кабели, по параметрам аналогичным кабелю ZV-Z193).

Подключить к порту 2 сплиттера через адаптер соответствующего сечения ваттметр NRP67T.

Соединить порт 3 сплиттера с портом 1 анализатора ZNA с помощью адаптера соответствующего сечения.

Провести синхронизацию анализатора ZNA от внешней опорной частоты 10 МГц генератора сигналов SMA100B.

Подключить ваттметр NRP67T через адаптер NRP-Z4 к одному из USB разъемов анализатора ZNA и активировать режим измерения мощности.

Установить параметры генератора сигналов SMA100B:

- [**PRESET**];
- [**FREQ** : F];
- [**LEVEL**: -5 dBm];

Установить параметры анализатора ZNA:

- [**PRESET**];
- [**MEAS** : Wave Quantities : b1 Source Port 2]; (для порта 1);
- [**POWER**: IF-Filter (analog): Normal/ Wideband/ Narrowband];
- [**MODE**: GC Mode: Low Noise/ Low Dist] (только для Wideband/ Narrowband);
- [**SWEEP** : Sweep Type : CW Mode];
- [**SWEEP** : Number of points : 21];

- [**POWER** : Bandwidth : 10 kHz];
- [**TRACE CONFIG** : Trace statistics : Mean/Std Dev/RMS];
- [**SWEEP** : Sweep Type : CW Mode];
- [**CENTER** : CW Frequency : F].
- [**SWEEP** : Sweep Control : Single: Restart Sweep];

Установить на выходе генератора сигналов SMA100B уровень сигнала таким, чтобы показания NRP67T были в диапазоне минус $(10 \pm 0,1)$ dBm.

Зафиксировать показания ваттметра NRP67T в [dBm] как P_{NRP67T} .

Зафиксировать показания анализатора ZNA в [dBm] как P_{ZNA} .

Выполнить операции пункта для всех значений F указанных в п.10.6.2.

Выполнить операции пункта для остальных портов анализатора ZNA.

Зафиксировать результаты измерений

Результаты поверки считать положительными, если диапазон установки уровня выходной мощности и значения абсолютной погрешности установки и измерения уровня мощности минус 10 дБ (1 мВт) соответствуют п.11.6.

10.7 Определение нелинейности приемников относительно уровня 0 дБ (1 мВт) в диапазоне уровней

Нелинейность приемников определить относительно уровня 0 дБ (1 мВт) в диапазоне уровней от 0 до минус 50 дБ методом прямых измерений с помощью генератора сигналов SMA100B с опцией B167 и ваттметра поглощаемой мощности СВЧ селективного NRQ6.

Выполнить соединение средств измерений в соответствии с одной из схем, приведённых на рисунке 4.

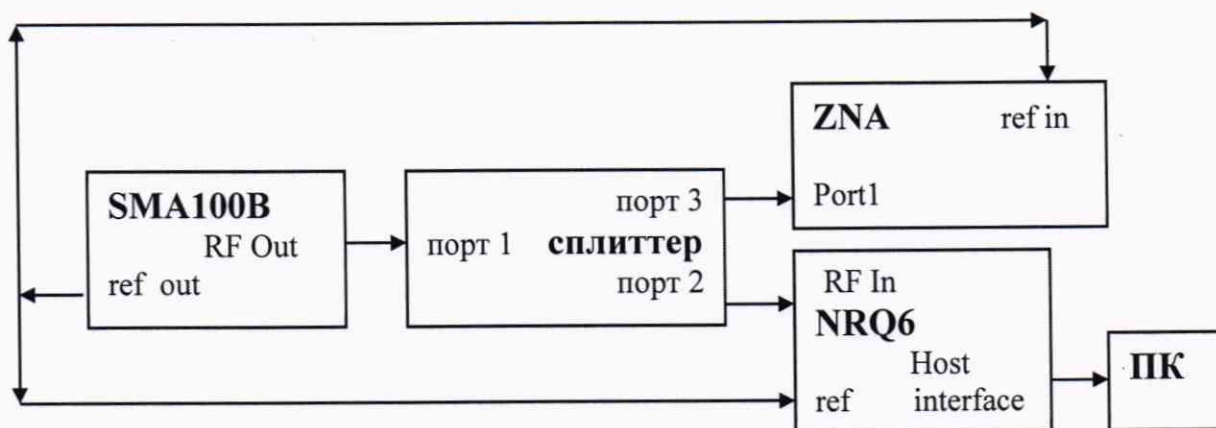


Рисунок 4 - Схема измерения нелинейности приемников относительно уровня 0 дБ (1 мВт)

Подключить порт 1 сплиттера к выходу генератора сигналов SMA100B с опцией B167 через измерительный кабель ZV-Z193 (допускается использовать другие кабели, по параметрам аналогичным кабелю ZV-Z193).

Подключить к порту 2 сплиттера через адаптер соответствующего сечения ваттметр поглощаемой мощности СВЧ селективный NRQ6.

Соединить порт3 сплиттера с портом 1 анализатора ZNA с помощью адаптера соответствующего сечения.

Провести синхронизацию анализатора ZNA и NRQ6 от внешней опорной частоты 10 МГц генератора сигналов SMA100B.

Подключить NRQ6 через адаптер NRP-ZKU совместимый с USB к порту USB ПК с установленным соответствующим ПО. Допускается применение ваттметра NRP67T, при этом после измерений с установленным ослаблением A равным 20 дБ необходимо

установить вспомогательный аттенюатор 30 дБ и регулировкой аттенюатора генератора сигналов установить такой уровень мощности, при котором показания анализатора ZNA совпадут с **LZNA-20** в пределах $\pm 0,01$ дБ.

Установить параметры генератора сигналов SMA100B:

- [**PRESET**];
- [**FREQ : 1 GHz**];
- [**LEVEL: 5 dBm**];

Установить параметры ваттметра поглощаемой мощности СВЧ селективного NRQ6:

- [**PRESET**];
- [**FREQ : SENS: FREQ 1 GHz**];
- [**RBW: BAND: RES 1000**];
- [**UNIT : UNIT: POWER DBM**];
- [**PWR: INP: ATT: AUTO OFF RF**];
- [**PWR: INP: ATT 30**];
- [**EXT REF : ROSC : SOUR REF**];
- [**EXT REF 10 MHz: ROSC : REF; FREQ 10000000**];
- [**PWR : SENS: POWER: APERTURE 0.01**];

Установить параметры анализатора ZNA:

- [**PRESET**];
- [**MEAS : Wave Quantities : b1 Source Port 2**];
- [**POWER: Power : 0 dBm**];
- [**POWER: Power : RF Off All Channels**];
- [**POWER : Bandwidth : 100 Hz**];
- [**SWEEP : Number of points : >= -40 dBm: 21, >= -45 dBm: 101, >= -50 dBm: 201**];
- [**TRACE CONFIG : Trace statistics : Mean/Std Dev/RMS**];
- [**SWEEP : Sweep Type : CW Mode**];
- [**CENTER : CW Frequency : 1 GHz**].

Установить на выходе генератора сигналов SMA100B уровень сигнала таким, чтобы показания ZNA были в диапазоне $0 \pm 0,1$ dBm

Зафиксировать показания NRQ6 в dBm как **LNRQ-0dBm**

Зафиксировать показания анализатора ZNA в dBm как **LZNA-0dBm**

Уменьшить уровень сигнала генератора на значение **A = 10 дБ**

Зафиксировать показания NRQ6 в dBm как **LNRQ-A**

Зафиксировать показания анализатора ZNA в dBm как **LZNA-A**

Повторить измерения последовательно уменьшая уровень сигнала генератора на значение **A** равное 20 дБ; 30 дБ; 40 дБ; 50 дБ.

Зафиксировать результаты измерений.

Выполнить операции пункта для остальных портов анализатора ZNA.

Выполнить операции пункта на частоте **6 ГГц**.

Зафиксировать результаты измерений.

Результаты поверки считать положительными, если нелинейность приемников относительно уровня 0 дБ (1 мВт) соответствуют п.11.7.

10.8 Определение нескорректированных параметров

Определение нескорректированных параметров проводят методом косвенных измерений с помощью нагрузок из комплекта НМКПО.

Установить параметры анализатора ZNA:

- [**PRESET**];
- [**SWEEP** : Sweep Type : Define Segments];
- [**Add**: Start 10 MHz : Stop 50 MHz : Points 7];
- [**Add**: Start 50 MHz : Stop 50 GHz : Points 1000] для модификации ZNA50;
- [**Add**: Start 50 MHz : Stop 67 GHz : Points 1340] для модификации ZNA67;
- [**O.K.**] Set segmented Frequency sweep active ? [Yes];
- [**PwrBwAvg**: Power : -10 dBm];
- [**PwrBwAvg** : Bandwidth : 1 kHz];

Выполнить полную двухпортовую калибровку анализатора ZNA с помощью НМКПО и измерительного кабеля ZV-Z91(допускается использовать другой кабель, по параметрам аналогичным указанному кабелю).

Установить параметры анализатора ZNA:

- [**CAL** : Star Cal ... (Manual) : Port: P1; P2];
- [Port: Port 1 active] and [Port: Port2 active];
- [Type : USOM];
- [Next];
- Выбрать для обоих портов [CalKit : (соответствующий НМКПО)];
- Выбрать для обоих портов [Gender :male];
- [Start];

После выполнения процедуры калибровки, определить действительные значения нескорректированных параметров с помощью сервисной функции анализатора ZNA.

Установить параметры анализатора ZNA:

- [**System config** : Service function: **SF**];
- [**MARKER**: **Физм**];

где **SF** – значения сервисной функции для каждого нескорректированного параметра и для каждого измерительного порта ZNA, приведённые в таблице 5.

Физм – значения частот, на которых проводятся измерения, их выбирают из таблицы 13 п.11.8.

Зафиксировать показания маркера **М_{нп}**, для всех измеряемых нескорректированных параметров, на всех частотах **Физм**.

Выполнить операции пункта для остальных портов анализатора ZNA.

Таблица 5 – Значения сервисной функции

Нескорректированный параметр	Значения сервисной функции SF для портов анализатора ZNA			
	Порт 1	Порт 2	Порт 3	Порт 4
Направленность (Directivity)	0.1.10.1.1.1	0.1.10.1.2.2	0.1.10.1.3.3	0.1.10.1.4.4
Трекинг отражения (Reflection Tracking)	0.1.10.2.1.1	0.1.10.2.2.2	0.1.10.2.3.3	0.1.10.2.4.4
Согласования источника (Source Match)	0.1.10.3.1.1	0.1.10.3.2.2	0.1.10.3.3.3	0.1.10.3.4.4
Согласования нагрузки (Load Match)	0.1.10.4.2.1	0.1.10.4.1.2	0.1.10.4.1.3	0.1.10.4.1.4
Трекинг передачи (Transmission Tracking)	0.1.10.5.2.1	0.1.10.5.1.2	0.1.10.5.1.3	0.1.10.5.1.4

Результаты поверки считать положительными, если значения нескорректированных параметров соответствуют п.11.8.

10.9 Определение абсолютной погрешности измерений модуля и фазы коэффициента отражения.

Определение абсолютной погрешности измерений модуля и фазы коэффициента отражения методом прямых измерений с помощью нагрузок из НМКПО. Измерения выполняются в автоматическом режиме с помощью ПО «VNATool» или опции ZNA-K50 установленной в анализаторе ZNA. При использовании ПО «VNATool», анализатор ZNA необходимо подключить к ПК на котором установлено данное ПО через интерфейс LAN.

Для определения погрешностей мер проводят однопортовую калибровку типа OSM анализаторов цепей ZNA с помощью ПО «VNATool» (или опции ZNA-K50) отдельно для конфигураций «розетка» и «вилка». Требуемую конфигурацию создать с помощью переходов из состава наборов, подключая их к портам анализатора цепей.

Калибровку проводить при повороте мер на 120° с тремя перепоключениями.

С помощью ПО «VNATool» (или ZNA-K50), проводят измерения мер (согласованная и короткозамкнутая нагрузки) из комплекта НМКПО, для каждой из конфигураций разъемов.

Во вкладке ПО Verification провести сравнение результатов измерения мер с опорными значениями, указанными в файлах с расширением «.sdatcv» на комплект НМКПО. Данные файлы создаются по запросу при поверке комплекта НМКПО в качестве вторичного эталона на ГЭТ 75-2017 «Государственный первичный эталон единицы волнового сопротивления в коаксиальных волноводах». Также, данные файлы можно создать в ПО «VNATool» по данным, указанным в свидетельстве о поверке на НМКПО в качестве вторичного эталона.

Результаты измерений ПО «VNATool» (или ZNA-K50), отображаются в окне результатов измерений, в столбце «Normalized Error», как показано на рисунке 5.

Error Corrected Measurement	Reference	Interpolation	Ports (empty: all)	Normalized Error
01_Basic_Example_Nf-m\SOLT_01_out\VerStandards\Loadf_547_Load(m)_507_01.sdatc	N50\Loads\Example_Loadf_547\Example_Loadf_547_20160203.calcd	<input type="checkbox"/>	1	0.690

Рисунок 5 – Окно результатов измерений ПО VNATool

Результаты поверки считать положительными, если значения абсолютной погрешности измерений модуля и фазы коэффициента отражения соответствуют п.11.9.

11 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

11.1 Результаты поверки считать положительными, если полученные в п.10.1 результаты измерений значений рецессии коаксиальных разъемов, каждой нагрузки и каждого измерительного адаптера, не превышают значений, указанных в таблице 6. Протрузия не допускается – см. рисунок 1.

Таблица 6 – Допустимые значения рецессии

Измеряемый объект	Диапазон допустимых значений рецессии
нагрузки всех типов из комплекта набора мер ZN-Z224 (ZN-Z218)	от 0 до 30 мкм
измерительные адаптеры всех типов из комплекта набора мер ZN-Z224 (ZN-Z218)	от 0 до 40 мкм

11.2 Для полученных в п.10.2 результатов измерений F_{CNT} , рассчитать по формуле (1) относительную погрешность частоты опорного генератора:

$$\delta F = \frac{F_{CNT} - F_{НОМ}}{F_{НОМ}}, \quad (1)$$

где $F_{НОМ}$ – установленное значение частоты, Гц;
 F_{CNT} – измеренное значение частоты, Гц.

Результаты поверки считать положительными, если рассчитанное значение относительной погрешности частоты опорного генератора δF находятся в пределах $\pm 1 \cdot 10^{-6}$ и $\pm 1 \cdot 10^{-7}$, если на анализаторе ZNA установлена опция B4.

11.3 Для полученных в п.10.3 результатов измерений $Si1$ и $S1i$ рассчитать по формуле (2) и (3) действительные значения динамического диапазона DR_d , дБ:

$$DR_d = - Si1, \quad (2)$$

$$DR_d = - S1i, \quad (3)$$

Действительные значения динамического диапазона DR_d не должны превышать допустимых значений DR , указанных в таблице 7.

Примечание - Если в поверяемом анализаторе ZNA установлены несколько опций, указанных в таблице 7, то определение допустимых значений DR в таком случае проводится путём арифметического сложения отклонений (числовых значений) от значения DR для каждой опции с самим значением DR .

Например:

для анализатора ZNA модификации ZNA67 с опциями: B16, B21, B31 допустимые значения DR в поддиапазоне частот св. 50 до 67 ГГц будут определяться следующим образом: в поддиапазоне частот св. 50 до 60 ГГц $DR = 102 - 4 - 7 + 6 = 97$ дБ; в поддиапазоне частот св. 60 до 67 ГГц $DR = 102 - 5 - 7 + 6 = 96$ дБ.

Таблица 7 – Допустимые значения динамического диапазона

Наименование характеристики	Значение	
Динамический диапазон DR штатно в полосе пропускания 10 Гц, в поддиапазоне частот, дБ, не менее	от 10 до 30 МГц включ.	86
	св. 30 до 100 МГц включ.	103
	св. 100 до 500 МГц включ.	117
	св. 500 МГц до 1 ГГц включ.	126
	св. 1 до 16 ГГц включ.	129
	св. 16 до 20 ГГц включ.	127
	св. 20 до 30 ГГц включ.	123
	св. 30 до 40 ГГц включ.	117
	св. 40 до 50 ГГц включ.	106
	св. 50 до 67 ГГц	102
Динамический диапазон с опцией В16 в полосе пропускания 10 Гц, в поддиапазоне частот, дБ, не менее	от 10 МГц до 1 ГГц включ.	DR
	св. 1 до 40 ГГц включ.	DR – 2
	св. 40 до 50 ГГц включ.	DR – 3
	св. 50 до 60 ГГц включ.	DR – 4
	св. 60 до 67 ГГц	DR – 5
Динамический диапазон с опцией В2Х в полосе пропускания 10 Гц, в поддиапазоне частот, дБ, не менее	от 10 МГц до 4 ГГц включ.	DR – 1
	св. 4 до 16 ГГц включ.	DR – 2
	св. 16 до 30 ГГц включ.	DR – 3
	св. 30 до 40 ГГц включ.	DR – 6
	св. 40 до 67 ГГц	DR – 7
Динамический диапазон с опцией В3Х в полосе пропускания 10 Гц, в поддиапазоне частот, дБ, не менее	от 10 до 500 МГц включ.	DR
	св. 500 МГц до 1 ГГц включ.	DR +5
	св. 1 до 30 ГГц включ.	DR +8
	св. 30 до 40 ГГц включ.	DR +7
	св. 40 до 67 ГГц	DR +6

11.4 Для полученных в п.10.4 результатов измерений $N_{1кГц}$ рассчитать по формуле (4) действительные значения уровня собственного шума приемников N_d , дБ:

$$N_d = N_{1кГц} - 30 \text{ дБ}, \quad (4)$$

Действительные значения уровня собственного шума приемников N_d не должны превышать значений N , указанных в таблице 8.

Примечание - Если в поверяемом анализаторе ZNA установлены несколько опций, указанных в таблице 8, то определение допустимых значений N в таком случае проводится путём арифметического сложения отклонений (числовых значений) от значения N для каждой опции с самим значением N .

Например:

для анализатора ZNA модификации ZNA 67 с опциями: В16, В21, В31 допустимые значения N в поддиапазоне частот св. 50 до 67 ГГц будут определяться следующим образом: в поддиапазоне частот св. 50 до 60 ГГц $DR = -104 + 4 - 6 = -106$ дБ;
в поддиапазоне частот св. 60 до 67 ГГц $DR = -104 + 5 - 6 = -105$ дБ.

Таблица 8 – Допустимые значения уровня собственного шума приемников

Наименование характеристики	Значение	
Уровень собственного шума приемников N штатно и с опцией В2Х, нормализованный к полосе 1 Гц, в поддиапазоне частот, дБ (1 мВт), не более	от 10 до 30 МГц включ.	-75
	св. 30 до 100 МГц включ.	-92
	св. 100 до 500 МГц включ.	-107
	св. 0,5 до 30 ГГц включ.	-120
	св. 30 до 40 ГГц включ.	-115
	св. 40 до 50 ГГц включ.	-105
Уровень собственного шума приемников с опцией В16 нормализованный к полосе 1 Гц, в поддиапазоне частот, дБ (1 мВт), не более	от 10 МГц до 1 ГГц включ.	N
	св. 1 до 40 ГГц включ.	N + 2
	св. 40 до 50 ГГц включ.	N + 3
	св. 50 до 60 ГГц включ.	N + 4
	св. 60 до 67 ГГц	N + 5
Уровень собственного шума приемников с опцией В3Х, нормализованный к полосе 1 Гц, в поддиапазоне частот, дБ (1 мВт), не более	от 10 МГц до 30 ГГц включ.	N - 10
	св. 30 до 40 ГГц включ.	N - 7
	св. 40 до 67 ГГц	N - 6

11.5 Измеренные среднеквадратические значения шумов измерительной трассы в п.10.5 не должны превышать значений, указанных в таблице 9.

Таблица 9 – Допустимые среднеквадратические значения уровня шумов измерительной трассы

Наименование характеристики	Значение		
	модуль, дБ	фаза, градус	
Среднеквадратическое значение шумов измерительной трассы при измерении модуля/фазы коэффициента отражения для уровня выходной мощности 0 дБ (1 мВт), коэффициента отражения 0 дБ, в полосе пропускания 100 кГц, в диапазоне частот, не более	от 10 до 20 МГц включ.	0,5	3
	св. 20 до 50 МГц включ.	0,2	1
	св. 50 до 150 МГц включ.	0,05	0,3
	св. 150 до 500 МГц включ.	0,02	0,1
	св. 0,5 до 20 ГГц включ.	0,005	0,04
	св. 20 до 40 ГГц включ.	0,008	0,06
	св. 40 до 50 ГГц включ.	0,03	0,2
	св. 50 до 67 ГГц	0,04	0,25

11.6 Измеренные максимальные значения выходной мощности P_{\max} в п.10.6.1 должны быть не менее значений, указанных в таблице 10.

Измеренные минимальные значения выходной мощности P_{\min} в п.10.6.1 не должны превышать значений, указанных в таблице 10.

Таблица 10 – Допустимые максимальные и минимальные значения выходной мощности P_{\max} и P_{\min}

Наименование характеристики		Значение	
Максимальный уровень выходной мощности P_{\max} штатно, а так же с опциями: В16 и В3Х в диапазонах частот, дБ (1 мВт), не менее	ZNA50	от 10 МГц до 4 ГГц включ.	16
		св. 4 до 20 ГГц включ.	13
		св. 20 до 25 ГГц включ.	12
		св. 25 до 30 ГГц включ.	9
		св. 30 до 40 ГГц включ.	6
		св. 40 до 45 ГГц включ.	4
		св. 45 до 50 ГГц	3
Максимальный уровень выходной мощности P_{\max} штатно, а так же с опциями: В16 и В3Х в диапазонах частот, дБ (1 мВт), не менее	ZNA67	от 10 МГц до 4 ГГц включ.	16
		св. 4 до 20 ГГц включ.	13
		св. 20 до 25 ГГц включ.	11
		св. 25 до 30 ГГц включ.	7
		св. 30 до 40 ГГц включ.	4
		св. 40 до 67 ГГц	5
Максимальный уровень выходной мощности с опцией В2Х в диапазонах частот, дБ (1 мВт), не менее	ZNA50	от 10 МГц до 4 ГГц включ.	$P_{\max} - 1$
		св. 4 до 16 ГГц включ.	$P_{\max} - 2$
		св. 16 до 30 ГГц включ.	$P_{\max} - 3$
		св. 30 до 40 ГГц включ.	$P_{\max} - 6$
		св. 40 до 50 ГГц включ.	$P_{\max} - 7$
	ZNA67	от 10 МГц до 4 ГГц включ.	$P_{\max} - 1$
		св. 4 до 16 ГГц включ.	$P_{\max} - 2$
		св. 16 до 30 ГГц включ.	$P_{\max} - 3$
		св. 30 до 40 ГГц включ.	$P_{\max} - 6$
		св. 40 до 67 ГГц включ.	$P_{\max} - 7$
Минимальный уровень выходной мощности, P_{\min} дБ (1 мВт), не более	штатно	-80	
	опции В2Х	-120	

Для полученных в п.10.6.2 результатов измерений $P_{1\text{изм}}$, рассчитать по формуле (5) абсолютную погрешность установки уровня выходной мощности минус 10 дБ (1 мВт) $\Delta P_{\text{уст}}$:

$$\Delta P_{\text{уст}} = P_{1\text{изм}} - P_{\text{уст}}, \quad (5)$$

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

Рассчитанные значения абсолютной погрешности установки уровня выходной мощности $\Delta P_{\text{уст}}$ не должны превышать значений, указанных в таблице 11.

Таблица 11 – Допустимые значения абсолютной погрешности установки уровня мощности

Наименование характеристики	Значение	
Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки уровня мощности минус 10 дБ (1 мВт), в диапазоне частот, дБ	от 10 МГц до 26,5 ГГц включ.	± 2
	св. 26,5 до 50 ГГц включ.	± 3
	св. 50 до 67 ГГц	± 4

Для полученных в п.10.6.2 результатов измерений $P_{2\text{изм}}$, рассчитать по формуле (6) абсолютную погрешность измерений уровня мощности в опорном канале $\Delta P_{\text{кан}}$:

$$\Delta P_{\text{кан}} = P_{2\text{изм}} - P_{1\text{изм}}. \quad (6)$$

Рассчитанные значения абсолютной погрешности измерений уровня мощности в опорном канале анализатора ZNA $\Delta P_{\text{кан}}$ должны находиться в пределах, указанных в таблице 12.

Таблица 12 – Допустимые значения абсолютной погрешности измерения уровня мощности

Наименование характеристики		Значение
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений уровня мощности минус 10 дБ (1 мВт), в диапазоне частот, дБ	от 10 МГц до 30 ГГц включ.	$\pm 1,5$
	св. 30 до 40 ГГц включ.	± 2
	св. 40 до 60 ГГц включ.	$\pm 2,5$
	св. 60 до 67 ГГц включ.	± 3

Для полученных в п.10.6.3 результатов измерений P_{NR67T} P_{ZNA} , рассчитать по формуле (7) абсолютную погрешность измерений уровня мощности приёмным каналом $\Delta P_{\text{ПК}}$:

$$\Delta P_{\text{ПК}} = P_{\text{ZNA}} - P_{\text{NR67T}}, \quad (7)$$

Рассчитанные значения абсолютную погрешности измерений уровня мощности приёмным каналом анализатора ZNA $\Delta P_{\text{ПК}}$ должны находиться в пределах, указанных в таблице 12.

11.7 Для полученных в п.10.7 результатов измерений $L_{\text{NRQ6-0дБм}}$; $L_{\text{ZNA-0дБм}}$; $L_{\text{NRQ6-A}}$; $L_{\text{ZNA-A}}$, для установленных значений ослабления сигнала генератора А равным 10 дБ; 20 дБ; 30 дБ; 40 дБ и 50 дБ рассчитать нелинейность приемника анализатора ZNA по формуле (8):

$$\Delta L = (L_{\text{ZNA-A}} - L_{\text{ZNA-0дБм}}) - (L_{\text{NRQ6-A}} - L_{\text{NRQ6-0дБм}}), \quad (8)$$

Результаты поверки считать положительными, если рассчитанные значения ΔL для каждого значения А, всех портов анализатора ZNA должны находиться в пределах $\pm 0,05$ дБ.

11.8 Полученные в п.10.8 результаты измерений $M_{\text{нп}}$ для каждого нескорректированного параметра должны быть не менее значений, указанных в таблице 13.

Таблица 13 – Допустимые значения нескорректированных параметров

Нескорректированные параметры, дБ, не менее			
Диапазон частот	Направленность D, дБ, не менее	Согласование источника S и нагрузки L, дБ, не менее	Трекинг отражения R и передачи T, дБ, не более
От 10 МГц до 20 МГц включ.	8	8	1,5
Св. 20 МГц до 20 ГГц включ.	10	10	2
Св. 20 до 35 ГГц включ.	8	8	2,5
Св. 35 до 40 ГГц включ.	6	6	3
Св. 40 до 67 ГГц	6	6	3,5

11.9 Полученные в п.10.9 результаты измерений с помощью ПО «VNA Tool» (или ZNA-K50), отображаемые в окне ПО как «NormalizedError» не должны превышать 1 для всех портов анализатора ZNA.

11.10 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 анализаторов цепей векторных ZNA требованиям, указанным в пунктах раздела 11 настоящей методики;

- обеспечение прослеживаемости поверяемых анализаторов цепей векторных ZNA к государственным первичным эталонам единиц величин в соответствии с:

ГОСТ Р 8.813-2013 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений волнового сопротивления, комплексных коэффициентов отражения и передачи в коаксиальных волноводах в диапазоне частот от 0,01 до 65,00 ГГц

Приказ Росстандарта от 31.07.2018 № 1621 “Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений времени и частоты”

Приказ Росстандарта от 30.12.2019 № 3461 “Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений мощности электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 9 кГц до 37,5 ГГц”

Приказ Росстандарта от 29.12.2018 № 2839 “Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений мощности электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 37,50 до 78,33 ГГц”

Приказ Росстандарта от 30.12.2019 №3383 “Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений ослабления напряжения постоянного тока и электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 20 Гц до 178,4 ГГц”

11.11 Критериями принятия специалистом, проводившим поверку, решения по подтверждению соответствия средства измерений требованиям к эталону являются:

- соответствие анализаторов цепей векторных ZNA требованиям пункта 11.7 данной методики поверки;

- применение при поверке эталонов соответствующего разряда по требованию государственных поверочных схем;

- соответствие метрологических характеристик анализаторов цепей векторных ZNA требованиям, предъявляемым к следующим эталонам государственной поверочной схемы - Рабочему эталону единицы отношений мощностей 2 разряда согласно Государственной поверочной схеме для средств измерений мощности электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 9 кГц до 37,5 ГГц, утвержденная Приказом Росстандарта от 30.12. 2019 г. № 3461.

12 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

12.1 Анализатор ZNA признается годным, если в ходе поверки все результаты поверки положительные.

12.2 Результаты измерений, полученные в процессе поверки, заносят в протокол произвольной формы. Протокол должен наглядно отображать полученные результаты измерений в поверяемых точках и диапазонах частот, которые указаны в соответствующих пунктах настоящей методики поверки, а также сравнение измеренных или рассчитанных и допустимых значений нормируемых погрешностей.

12.3 Сведения о результатах поверки передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

12.4 При положительных результатах поверки по заявлению владельца анализатора ZNA или лица, предъявившего его на поверку, на анализатор ZNA наносится знак поверки, и (или) выдается свидетельство о поверке. Знак поверки в виде наклейки наносится на переднюю панель анализатора ZNA.

12.4 При выполнении сокращенной поверки (на основании решения или заявки на проведение поверки, эксплуатирующей организации) в свидетельстве о поверке указывать диапазон частот на котором выполнена поверка.

12.5 Анализатор ZNA, имеющий отрицательные результаты поверки, в обращение не допускается. На него выдается извещение о непригодности к применению с указанием причин забракования по установленной форме.

Начальник НИО-1 ФГУП «ВНИИФТРИ»

О.В. Каминский

Начальник отдела 11 НИО-1 ФГУП «ВНИИФТРИ»

И.П. Чирков

Старший научный сотрудник лаборатории 113
НИО-1 ФГУП «ВНИИФТРИ»

В.И. Пругло