



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РЕГИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР СТАНДАРТИЗАЦИИ,
МЕТРОЛОГИИ И ИСПЫТАНИЙ В Г. МОСКВЕ И МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ»
(ФБУ «РОСТЕСТ-МОСКВА»)

СОГЛАСОВАНО

Заместитель генерального директора

ФБУ «Ростест-Москва»



А.Д. Меньшиков

«26» февраля 2021 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

АНАЛИЗАТОРЫ ЦЕПЕЙ ВЕКТОРНЫЕ ZNBVT

Методика поверки

РТ-МП-8092-441-2021

г. Москва
2021 г.

1 Общие положения

Настоящая методика распространяется на анализаторы цепей векторные ZNBT (далее – АЦВ), изготавливаемые фирмой “Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG”, Германия, и устанавливает порядок и объем их первичной и периодической поверки.

Интервал между поверками – 1 год.

Поверка анализаторов цепей векторных ZNBT 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.

При проведении поверки должна быть обеспечена прослеживаемость поверяемых анализаторов цепей векторных ZNBT к государственным первичным эталонам единиц величин:

- к ГЭТ 75-2017. «Государственный первичный эталон единицы волнового сопротивления в коаксиальных волноводах» 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 ГЭТ 1-2018. «Государственный первичный эталон единиц времени, частоты и национальной шкалы времени» в соответствии с Приказом Росстандарта № 1621 от 31.07.2018 Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений времени и частоты;

- к ГЭТ 26-2010. «Государственный первичный эталон единицы мощности электромагнитных колебаний в волноводных и коаксиальных трактах в диапазоне частот от 0,03 до 37,50 ГГц» 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 ГЭТ 167-2017. «Государственный первичный эталон единицы мощности электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 37,5 до 78,33 ГГц» 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;

- к ГЭТ 193-2011. «Государственный первичный эталон единицы ослабления электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 0 до 178 ГГц» 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.

Для обеспечения реализации методики поверки при определении метрологических характеристик по пунктам 10.1 – 10.7 применяется метод прямых измерений.

2 Перечень операций поверки средства измерений

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

Таблица 1 – Операции поверки

| Наименование операции | Методы поверки (номер пункта) | Обязательность проведения при поверке | |
|--|-------------------------------|---------------------------------------|---------------|
| | | первичной | периодической |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Внешний осмотр средства измерений | 7 | Да | Да |
| Подготовка к поверке и опробование средства измерения | 8 | Да | Да |
| Идентификация программного обеспечения средства измерений | 9 | Да | Да |
| Определение метрологических характеристик средства измерений | 10 | | |
| Определение диапазона рабочих частот и основной относительной погрешности установки частоты опорного генератора | 10.1 | Да | Да |
| Определение динамического диапазона при полосе пропускания фильтра ПЧ 10 Гц | 10.2 | Да | Да |
| Определение уровня собственного шума приемников нормализованного к полосе 1 Гц, в диапазоне частот | 10.3 | Да | Нет |
| Определение среднеквадратического значения шумов измерительной трассы | 10.4 | Да | Нет |
| Определение диапазона установки уровня выходной мощности и относительной погрешности установки и измерения уровня мощности минус 10 дБ (1 мВт) | 10.5 | Да | Да |
| Определение нелинейности приемников относительно уровня 0 дБ (1 мВт) в диапазоне уровней | 10.6 | Да | Да |
| Определение модуля коэффициента отражения измерительных портов нескорректированного | 10.7 | Да | Да |

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

- по числу измерительных портов – из полного объема поверки могут быть исключены неиспользуемые измерительные порты (при этом обязательно должно быть поверено не менее 2-х портов);

- в ограниченном диапазоне частот до верхней граничной частоты 26,5 ГГц для анализатора цепей векторного ZNBT модификация ZNBT40 (исходя из диапазона частот анализаторов цепей векторных ZNBT модификация ZNBT26).

Данные ограничения должны быть зафиксированы при оформлении результатов поверки в соответствии с пунктом 12 данной методики.

3 Требования к условиям проведения поверки

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, °Сот 15 до 25;
- относительная влажность воздуха, %от 30 до 80;
- атмосферное давление, кПа (мм рт.ст.)от 84 до 106 (от 630 до 795);

4 Требование к специалистам, осуществляющим поверку

К проведению поверки анализаторов цепей векторных ZNBT допускаются специалисты имеющие:

- высшее образование или дополнительное профессиональное образование по специальности и (или) направлению подготовки, соответствующему области аккредитации («метрология» и (или) «радиоизмерения»);
- опыт работы по обеспечению единства измерений в области аккредитации, указанной в заявлении об аккредитации или в реестре аккредитованных лиц, не менее трех лет;
- освоившие работу с АЦВ и применяемыми средствами поверки;
- изучившие настоящую методику.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки анализаторов цепей векторных ZNBT применяют средства поверки, указанные в таблице 2.

5.2 Вместо указанных в таблице средств поверки допускается применять другие аналогичные эталоны единиц величин и средства измерений, обеспечивающие требуемую точность передачи единиц величин поверяемому средству измерений.

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.

5.4 Применяемые эталоны единиц величин не утверждённого типа СИ должны быть аттестованы и утверждены приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии, в соответствии с пунктом 6 Положения об эталонах единиц величин используемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 23 сентября 2010 года №734 (с изменениями на 21 октября 2019 года) с присвоением соответствующего разряда по требованию государственных поверочных схем.

Таблица 2 – Средства поверки

| Номер пункта документа по поверке | Наименование средства поверки | Требуемые технические характеристики средства поверки | | Рекомендуемое средство поверки |
|-----------------------------------|-------------------------------|---|---|--------------------------------------|
| | | Пределы измерений | Пределы допускаемой погрешности | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 10.1 | Стандарт частоты | сигнал частотой 10 МГц | 3 разряд по Приказу Росстандарта № 1621 от 31.07.2018 | Стандарт частоты рубидиевый GPS-12RG |

Продолжение таблицы 2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-------------|--|---|--|--|
| 10.1 | Частотомер универсальный | диапазон частот от 100 кГц до 40 ГГц | $\delta F \leq \pm 5 \cdot 10^{-10}$ с внешней опорной частотой за 1 год | Частотомер универсальный CNT-90XL |
| 10.5 | Измеритель мощности | от 100 кГц до 40 ГГц; от $3 \cdot 10^{-4}$ до $1 \cdot 10^2$ мВт | 2 разряд по Приказу Росстандарта № 3461 от 30.12.2019 2 разряд по Приказу Росстандарта № 2839 от 29.12.2018 | Ваттметр поглощаемой мощности NRP40T |
| 10.5 | Анализатор спектра | от 100 кГц до 40 ГГц от минус 60 до 0 дБ (1 мВт) | $\pm 2,5$ дБ | Анализатор спектра FSVA40 |
| 10.6, 10.9 | Аттенюатор ступенчатый | от 100 кГц до 40 ГГц от 0 до 50 дБ | 2 разряд по Приказу Росстандарта №3383 от 30.12.2019 | Аттенюатор ступенчатый R&S RSC |
| 10.7 | Анализатор цепей векторный | от 0,01 до 40 ГГц | модуль коэффициента отражения $\pm(0,13 \dots 3,6)$ дБ, фаза коэффициента отражения $\pm(0,9 \dots 31)$ градусов | Анализатор цепей векторный ZNA43 |
| 10.7 | Анализатор цепей векторный | от 100 кГц до 10 МГц | модуль коэффициента отражения $\pm(0,2 \dots 4,5)$ дБ | Анализатор цепей векторный ZNL3 |
| 10.2-10.4, | Набор мер коэффициентов передачи и отражения | от 0 до 40 ГГц | Вторичный эталон по ГОСТ 8.813-2013 | Набор мер коэффициентов передачи и отражения ZV-Z229 |
| 10.1 – 10.7 | Термо-гигрометр | от 0 до 60 °С от 10 до 95 % | $\pm 0,4$ °С ± 3 % | Прибор комбинированный Testo 622 |

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При проведении поверки должны быть соблюдены требования безопасности в соответствии с ГОСТ 12.3.019-80 «Система стандартов безопасности труда. Испытания и измерения электрические. Общие требования безопасности с Изменением №1».

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 12.2.091-2002 «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

При проведении внешнего осмотра установить соответствие АЦВ следующим требованиям:

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

Результаты выполнения операции считать положительными, если выполняются вышеуказанные требования.

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

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

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Подготовка к поверке

Порядок установки АЦВ на рабочее место, включения, управления и дополнительная информация приведены в руководстве по эксплуатации: «Анализаторы цепей векторные ZNBT». Руководство по эксплуатации».

Убедиться в выполнении условий проведения поверки.

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

Выдержать АЦВ во включенном состоянии не менее 30 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 АЦВ после включения прибора.

Загрузить заводскую конфигурацию АЦВ:

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

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

9 Идентификация программного обеспечения

Проверить отсутствие сообщений о неисправности на экране АЦВ после включения прибора. Идентификационное наименование и номер версии программного обеспечения АЦВ отображаются при нажатии: **SYSTEM: Help: About...**

Номер версии ПО должен соответствовать описанию ПО в технической документации на АЦВ и описанию типа средства измерений.

10 Определение метрологических характеристик средства измерений

10.1 Определение диапазона рабочих частот и основной относительной погрешности установки частоты опорного генератора

Определение диапазона рабочих частот и относительной погрешности установки частоты опорного генератора проводят методом прямых измерений с помощью частотомера электронно-счетного CNT-90XL, работающего от внешней опорной частоты 10 МГц со стандарта частоты GPS-12RG.

Выполнить соединение средств измерений в соответствии со схемой, приведённой на рис. 1.

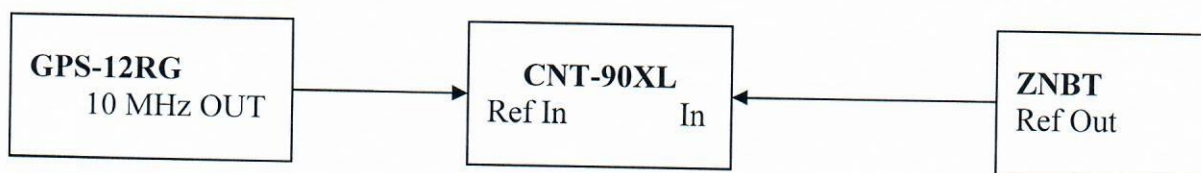


Рисунок 1

Установить параметры АЦВ:

- [**PRESET**];
- [**SETUP** : Freq.Ref.: Internal];
- [**MEAS** : Wave Quantities: a1 Source Port 1];
- [**SWEEP** : Sweep Type : CW Mode];
- [**CENTER** : CW Frequency : **100 kHz**; Power : **0 dBm**];
- [**SWEEP** : Sweep Control : Single : Restart Sweep].

Измерить частоту $F_{ном} = 10$ МГц опорного генератора у АЦВ, зафиксировать результаты измерений $F_{изм}$.

Подключить к измерительному порту 1 АЦВ частотомер электронно-счетный CNT-90XL, работающий от внешней опорной частоты 10 МГц со стандарта частоты GPS-12RG.

Установить на АЦВ частоты $F_{ном}$ [**CENTER** : CW Frequency]:

- 100 kHz и 26.5 GHz для ZNBT модификация ZNBT26;
- 100 kHz и 40 GHz для ZNBT модификация ZNBT40.

Измерить значение частоты АЦВ, зафиксировать результаты измерений $F_{изм}$.

10.2 Определение динамического диапазона при полосе пропускания фильтра ПЧ 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 ZV-Z229 (далее – НМКПО).

ВНИМАНИЕ! Во всех пунктах данной методики поверки, где используются меры из набора мер коэффициентов передачи и отражения ZV-Z229, подключение мер производить только с использованием ключа тарированного из этого набора.

Подключить к измерительным портам АЦВ 1 и 2 нагрузки согласованные.

Установить параметры АЦВ:

- [**PRESET**];
- [**MEAS** : S21 (и также S12)];
- [**POWER** : Power : 10 dBm];
- [**POWER** : Bandwidth : 10 Hz]
- [**SWEEP** : Number of points : 501]
- [**CHANNEL** > **POWER** BW AVG > Factor: 21 / On / Reset].

После завершения процесса усреднения, при помощи маркера, определить максимальное значение измерительной трассы S21 (а также S12) в диапазоне рабочих частот.

Провести аналогичные измерения для остальных портов АЦВ, используя порт 1 в качестве опорного и выбирая измерения трасс Si1 (а также S1i), где i- номер используемого порта.

Зафиксировать результаты измерений.

10.3 Определение уровня собственного шума приемников нормализованного к полосе 1 Гц, в диапазоне частот

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

Установить параметры АЦВ:

- [**PRESET**];
- [**MEAS** : Wave Quantities : b1 Source Port 1] (для порта 1);
- [**POWER** : Power : -40 dBm];
- [**POWER** : Power : RF Off All Channels];
- [**POWER** : Bandwidth : 1 kHz];
- [**SWEEP** : Number of points : 501];
- [**CHANNEL** > **POWER** BW AVG > Factor: 21 / On / Reset].

Подключить к измерительным портам 1 и 2 АЦВ нагрузки согласованные.

После завершения процесса усреднения, при помощи маркера, определить максимальное значение измерительной трассы «b1 Source Port 1» в диапазоне рабочих частот. Вычислить уровень собственного шума приемников, нормализованный к полосе 1 Гц, путем

вычитания из измеренного максимального значения измерительной трассы «b1 Source Port 1» величины 30 дБ.

Установить параметры АЦВ:

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

После завершения процесса усреднения, при помощи маркера, определить максимальное значение измерительной трассы «b2 Source Port 1» в диапазоне рабочих частот. Вычислить уровень собственного шума приемников, нормализованный к полосе 1 Гц, путем вычитания из измеренного максимального значения измерительной трассы «b2 Source Port 1» величины 30 дБ.

Провести аналогичные измерения для остальных портов АЦВ, используя порт 1 в качестве опорного и выбирая измерения трасс «bi Source Port 1», где i- номер используемого порта.

Зафиксировать результаты измерений.

10.4 Определение среднеквадратического значения шумов измерительной трассы

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

Подключить к измерительным портам 1 и 2 АЦВ нагрузки короткозамкнутые.

Установить параметры АЦВ:

- [**PRESET**];
- [**MEAS** : S11 (а также S22)];
- [**POWER** : Power : 0 dBm];
- [**POWER** : Bandwidth : 10 kHz];
- [**SWEEP** : Number of points : 1001].

Выполнить автомасштабирование измерительной трассы. Определить частоты, где наблюдается максимальное значение флуктуаций измерительной трассы. Зафиксировать значения этих частот f_N .

Установить параметры АЦВ:

- [**SWEEP** : Sweep Type : CW Mode];
- [**POWER** : Bandwidth : 10 kHz];
- [**CENTER** : CW Frequency : f_N];
- [**SWEEP** : Number of points : 201];
- [**TRACE CONFIG** : Trace statistics : Mean/Std Dev/RMS];
- [**SWEEP** : Sweep Control : Single : Restart Sweep];

Зафиксировать измеренное среднеквадратическое значение шумов при измерении модуля коэффициента отражения на частоте f_N (Statistics Std Dev value): SD_{SHORT} .

Подключить к измерительному порту 1 (2) АЦВ нагрузку холостого хода из набора калибровочных мер АЦВ.

Зафиксировать измеренное среднеквадратическое значение шумов при измерении модуля коэффициента отражения на частоте f_N (Statistics Std Dev value): SD_{OPEN} .

Из значений: SD_{SHORT} и SD_{OPEN} выбрать максимальные.

Провести аналогичные измерения для остальных портов АЦВ, выбирая измерения трасс «Sii», где i- номер используемого порта.

Зафиксировать результаты измерений.

10.5 Определение диапазона установки уровня выходной мощности и относительной погрешности установки и измерений уровня мощности минус 10 дБ (1 мВт).

Определение диапазона установки уровня выходной мощности и относительной погрешности установки и измерений уровня мощности минус 10 дБ (1 мВт) проводят методом прямых измерений с помощью ваттметра поглощаемой мощности NRP40T и анализатора спектра FSVA40.

10.5.1. Для определения диапазона установки уровня выходной мощности подключить ваттметр поглощаемой мощности NRP40T через адаптер NRP-Z4 к одному из USB разъемов АЦВ.

Подготовить к работе ваттметр поглощаемой мощности NRP40T в соответствии с его руководством по эксплуатации.

Установить параметры АЦВ:

- [**PRESET**];
- [**MEAS** : Power Sensor: Power Meter Pmtr1, Source Port 1, Auto Zero];
- [**POWER** : Power : 13 dBm].

Подключить NRP40T к измерительному порту 1 АЦВ через переход измерительный.

После завершения процесса развертки, при помощи маркера, определить максимальные значения выходной мощности АЦВ P_{max} как значения измерительной трассы в диапазоне рабочих частот. Зафиксировать результаты измерений.

Установить параметры АЦВ:

- [**SWEEP** : Sweep Type : CW Mode];
- [**CENTER** : CW Frequency : 26,5 GHz (40 GHz для ZNBT40);
- [**POWER** : Power : -30 dBm.

Подключить анализатор спектра FSVA40 к измерительному порту 1 АЦВ через переход измерительный и кабель. На анализаторе установить центральную частоту 26,5 ГГц (или 40 ГГц для ZNBT модификация ZNBT40), полосу обзора 1 МГц, полосу 1 кГц.

При наличии опций (B21, B22, B23, B24, B26) в канале источника установить:

- [**POWER** : Power : -60 dBm.

После завершения процесса развертки, при помощи маркера, определить минимальные значения выходной мощности АЦВ P_{min} . Зафиксировать результаты измерений.

Повторить измерения для всех измерительных портов АЦВ, выбирая Source Port i и контролируя наличие опции B2X для соответствующего порта, где i – номер измерительного порта.

10.5.2. Для определения относительной погрешности установки уровня выходной мощности минус 10 дБ (1 мВт) и погрешности измерения уровня мощности минус 10 дБ (1 мВт) опорным каналом АЦВ в диапазоне частот установить следующие параметры АЦВ:

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

Подключить ваттметр поглощаемой мощности NRP40T к измерительному порту АЦВ через переход измерительный и измерить уровень мощности.

Измерения проводить на следующих фиксированных частотах $f_{изм}$: 100 кГц; 10 МГц; 50 МГц; 100 МГц; 500 МГц; 1 ГГц и далее с шагом 1 ГГц до частоты 10 ГГц, далее с шагом 2 ГГц до конечной частоты поверяемого АЦВ.

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

Измерить ваттметром уровень выходной мощности на порте АЦВ $P1_{изм}$ в дБ (1 мВт) и зафиксировать результаты измерений.

Зафиксировать измеренное значение мощности в опорном канале АЦВ Statistics Mean values: $P2_{изм}$ в дБ (1 мВт).

Выполнить операции пункта для всех указанных частот.

Выполнить операции для измерительного порта i АЦВ, установив предварительно параметр [**MEAS** : Wave Quantities : ai Source Port i].

10.5.3. При проведении проверки абсолютной погрешности измерения уровня выходной мощности минус 10 дБ/мВт приемным каналом АЦВ в диапазоне частот установить следующие параметры АЦВ:

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

Подключить кабель СВЧ к измерительному порту 1 АЦВ. К свободному концу кабеля СВЧ подключить ваттметр поглощаемой мощности NRP40T через переход измерительный. Измерить уровень мощности $P1_{изм}$ в дБ (1 мВт) на выходе кабеля СВЧ с помощью ваттметра. Зафиксировать результат измерений.

Отключить ваттметр от кабеля и свободный конец кабеля подключить к порту 2 АЦВ. Измерить уровень мощности в приемнике b2 АЦВ. Зафиксировать измеренное значение мощности в приемнике b2 АЦВ Statistics Mean values: $P2_{изм}$ в дБ (1 мВт).

Выполнить операции пункта для всех указанных в пункте 10.5.2 частот.

Выполнить операции пунктов для i -ого измерительного приемника b_i АЦВ, установив предварительно параметр [**MEAS** : Wave Quantities : bi Source Port 1].

Повторить операции для измерительного канала порта 1 (b_1), используя в качестве источника любой другой измерительный порт.

10.6 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 аттенюатора ступенчатого R&S RSC.

Для проверки нелинейности приемников выполнить полную двухпортовую калибровку АЦВ с помощью НМКПО и двух кабелей ZV-Z195 (допускается использовать другие кабели, по параметрам аналогичные указанным). Калибровку проводить при уровне мощности АЦВ 0 дБ (1 мВт).

После калибровки подключить с помощью кабелей ZV-Z195 между портами 1 и 2 АЦВ эталонную меру коэффициента передачи (КП) - аттенюатор ступенчатый R&S RSC, при необходимости используя переходы. Создать на АЦВ измерительные трассы S_{21} и S_{12} .

Выполнить авто-масштабирование измерительных трасс. На АЦВ провести учет вносимого ослабления эталонной меры, выполнив для каждой из трасс:

- [TRACE FUNCT]
- [Data -> Mem]
- [Show Mem : off]
- [Math = Data/Mem : on]

На аттенуаторе ступенчатом R&S RSC поочередно устанавливать номинальные значения разностного ослабления из ряда 10 дБ, 20 дБ, 30 дБ; 40 дБ; 50 дБ.

Определить с помощью маркеров значения модуля $A_{изм}$ в диапазоне рабочих частот в точках поверки эталонной меры для каждой из трасс.

Зафиксировать результат измерений.

10.7 Определение модуля коэффициента отражения измерительных портов нескорректированного

Определение нескорректированных значений модуля коэффициента отражения измерительных портов провести при помощи анализаторов цепей векторных ZNA43 и ZNL3.

Установить параметры проверяемого АЦВ:

- [Preset];
- [Bw Avg Power: Power : RF Off All Channels]

Анализатор цепей ZNA43 откалибровать по срезу измерительного кабеля и провести измерения модуля коэффициента отражения измерительных портов проверяемого АЦВ в диапазоне частот от 10 МГц до 40 ГГц. Анализатор цепей ZNL3 откалибровать по срезу измерительного кабеля и провести измерения модуля коэффициента отражения измерительных портов проверяемого АЦВ в диапазоне частот от 100 кГц до 10 МГц.

Зафиксировать результат измерений.

11 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

11.1 Для полученных в пункте 10.1 результатов измерений $F_{изм}$, рассчитать по формуле 1.1 относительную погрешность частоты установки частоты опорного генератора:

$$\delta f = (F_{изм} - F_{ном}) / F_{ном}, \quad (1.1)$$

где $F_{ном}$ – установленное значение частоты, Гц ;
 $F_{изм}$ – измеренное значение частоты, Гц.

Рассчитанные значения относительной погрешности установки частоты для всех указанных частот не должны превышать $\pm 1 \cdot 10^{-6}$ и $\pm 1 \cdot 10^{-7}$ для АЦВ с установленной опцией В4.

11.2 Для полученных в пункте 10.2 результатов измерений S_{i1} и S_{i1} рассчитать по формуле 2.1 и 2.2 действительные значения динамического диапазона $A_{дд}$, дБ:

$$A_{дд} = -S_{i1} \quad (2.1)$$

$$A_{дд} = -S_{li} \quad (2.2)$$

Рассчитанные значения динамического диапазона $A_{дд}$ не должны превышать значений, указанных в таблице 3.

Таблица 3

| | | |
|--|----------------------------|-----|
| Динамический диапазон при полосе пропускания 10 Гц, в диапазоне частот, дБ, не менее | от 100 кГц до 1 МГц включ. | 105 |
| | св. 1 до 10 МГц включ. | 110 |
| | св. 10 МГц до 5 ГГц включ. | 120 |
| | св. 5 до 10 ГГц включ. | 115 |
| | св. 10 до 30 ГГц включ. | 110 |
| | св. 30 до 35 ГГц включ. | 105 |
| | св. 35 до 38 ГГц включ. | 100 |
| | св. 38 до 40 ГГц | 95 |

11.3 Измеренные значения уровня собственного шума приемников в пункте 10.3. не должны превышать значений указанных в таблице 4.

Таблица 4

| | | |
|---|-----------------------------|------|
| Уровень собственного шума приемников, нормализованный к полосе 1 Гц, в диапазоне частот, дБ (1 мВт), не более | от 100 до 300 кГц включ. | -110 |
| | св. 300 кГц до 1 МГц включ. | -115 |
| | св. 1 МГц до 5 ГГц включ. | -120 |
| | св. 5 до 20 ГГц включ. | -118 |
| | св. 20 до 35 ГГц включ. | -115 |
| | св. 35 до 40 ГГц | -105 |

11.4 Измеренные среднеквадратические значения шумов измерительной трассы в пункте 10.4 не должны превышать значений указанных в таблице 5.

Таблица 5

| | | | |
|--|------------------------------|--------|-------|
| 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 10 кГц, в диапазоне частот, дБ/градус, не более | диапазон частот | модуль | фаза |
| | от 100 до 300 кГц включ. | 0,008 | 0,07 |
| | св. 300 кГц до 20 ГГц включ. | 0,004 | 0,035 |
| | св. 20 до 35 ГГц включ. | 0,006 | 0,05 |
| | св. 35 до 40 ГГц | 0,008 | 0,08 |

11.5 Измеренные максимальные и минимальные значения выходной мощности АЦВ P_{max} и P_{min} в пункте 10.5.1 не должны превышать значений указанных в таблице 6.

Таблица 6

| | | | |
|---|--------------------------------------|------------------------------|--------------|
| Диапазон установки уровня выходной мощности в диапазонах частот, дБ (1 мВт) | штатно | от 100 до 200 кГц включ. | от -30 до +7 |
| | | св. 200 кГц до 1 ГГц включ. | от -30 до +8 |
| | | св. 1 до 10 ГГц включ. | от -30 до +7 |
| | | св. 10 до 15 ГГц включ. | от -30 до +6 |
| | | св. 15 до 20 ГГц включ. | от -30 до +5 |
| | | св. 20 до 30 ГГц включ. | от -30 до +2 |
| | | св. 30 до 40 ГГц | от -30 до 0 |
| | опции B21/B22/ B23/B24 /B26 | от 100 кГц до 300 кГц включ. | от -60 до +7 |
| | | св. 300 кГц до 1 ГГц включ. | от -60 до +8 |
| | | св. 1 до 10 ГГц включ. | от -60 до +7 |
| | | св. 10 до 15 ГГц включ. | от -60 до +6 |
| | | св. 15 до 20 ГГц включ. | от -60 до +5 |
| | | св. 20 до 30 ГГц включ. | от -60 до +2 |
| | | св. 30 до 40 ГГц | от -60 до 0 |

Для полученных в пункте 10.5.2 результатов измерений $P_{1изм}$, рассчитать по формуле 3.1 относительную погрешности установки уровня выходной мощности минус 10 дБ (1 мВт):

$$\Delta P_{уст} = P_{1изм} - P_{уст} \quad (3.1)$$

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

Рассчитанные значения относительной погрешности установки уровня выходной мощности $\Delta P_{уст}$ не должны превышать значений, указанных в таблице 7.

Таблица 7

| | | |
|---|-----------------------------|----|
| Пределы допускаемой относительной погрешности установки уровня мощности минус 10 дБ (1 мВт), в диапазоне частот, дБ | от 100 кГц до 20 ГГц включ. | ±2 |
| | св. 20 до 40 ГГц | ±3 |

Для полученных в пункте 10.5.2 результатов измерений $P_{2изм}$, рассчитать по формуле 3.2 относительную погрешность измерений уровня мощности в опорном канале АЦВ:

$$\Delta P_{измопкан} = P_{2изм} - P_{1изм} \quad (3.2)$$

Рассчитанные значения относительной погрешности измерений уровня мощности в опорном канале АЦВ $\Delta P_{измопкан}$ не должны превышать ±1,5 дБ.

Для полученных в пункте 10.5.3 результатов измерений $P_{2ИЗМ}$, рассчитать по формуле 3.3 относительную погрешность измерений уровня мощности приёмным каналом АЦВ:

$$\Delta P_{ИЗМПКан} = P_{2ИЗМ} - P_{1ИЗМ} \quad (3.3)$$

Рассчитанные значения относительной погрешности измерений уровня мощности приёмным каналом АЦВ $\Delta P_{ИЗМПКан}$ не должны превышать $\pm 1,5$ дБ.

11.6 Для полученных в пункте 10.6 результатов измерений значения модуля $A_{ИЗМ}$ в диапазоне рабочих частот в точках поверки эталонной меры для каждой из трасс рассчитать абсолютную погрешности измерений модуля КП, по формуле 4.1

$$\Delta A = A_{ИЗМ} - A_{ЭМ} \quad (4.1)$$

где $A_{ЭМ}$ – модуль КП эталонной меры на частоте поверки.

Данная погрешность будет описывать линейность приемника, т.к. АЦВ проводит только относительные измерения уровня сигнала (вносимое ослабление эталонной меры не учитывается).

Рассчитанные значения абсолютной погрешности измерений модуля КП ΔA не должны превышать $\pm 0,1$ дБ.

11.7 Измеренные значения модуля коэффициента отражения измерительных портов нескорректированного в п.10.7 не должны превышать значений указанных в таблице 8.

Таблица 8

| Модуль коэффициента отражения измерительных портов нескорректированный в диапазоне частот, дБ, не более | Диапазон частот | Допустимые значения |
|---|------------------------------|---------------------|
| | от 100 до 300 кГц включ. | -12 |
| | св. 300 кГц до 10 МГц включ. | -15 |
| | св. 10 МГц до 20 ГГц включ. | -18 |
| | св. 20 до 40 ГГц | -15 |

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 ZNBT, указанным в пунктах раздела 11.

12 Оформление результатов поверки

12.1 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 данной методики, а также сравнение полученных действительных и допустимых значений нормируемых погрешностей.

12.2 Сведения о результатах поверки анализаторов цепей векторных ZNBT 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.

12.3 Свидетельство о поверке или извещение о непригодности к применению средства измерений выдаётся по заявлению владельцев анализаторов цепей векторных ZNBT или лиц, представивших их на поверку. Свидетельство о поверке или извещение о непригодности к применению средства измерений должны быть оформлены в соответствии с требованиями действующих правовых нормативных документов. Знак поверки наносится на свидетельство о поверке.

И.о. начальника лаборатории № 441
ФБУ «Ростест-Москва»



С. Н. Гольшак

Главный специалист по метрологии лаборатории № 441
ФБУ «Ростест-Москва»



А. С. Каледин