

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора
ФГУП «СНИИМ»

В.И. Евграфов

2011 г.



Анализаторы цепей векторные R&S ZNC3, ZNB4, ZNB8

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

Новосибирск
2011 г

Содержание

1	Общие указания	3
2	Операции поверки	4
3	Средства поверки.....	5
4	Требования безопасности	7
5	Условия проведения поверки	7
6	Подготовка к поверке.....	7
7	Проведение поверки.....	8
8	Оформление результатов поверки	19

1 Общие указания

1.1 Настоящая методика устанавливает методы и средства первичной и периодической поверок анализаторов цепей векторных R&S ZNC3, ZNB4, ZNB8 (далее АЦВ).

1.2 Поверка АЦВ производится аккредитованными органами метрологической службы. Интервал между поверками – 12 месяцев.

1.3 Перед проведением поверки необходимо ознакомиться с указаниями, изложенными в руководстве по эксплуатации на АЦВ.

1.4 Поверка осуществляется только при наличии набора калибровочных мер ZV - Z270 и кабеля СВЧ ZV-Z191.

2 Операции поверки

2.1 При проведении поверки следует выполнить операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование операции	Методы поверки (номер пункта)	Обязательность проведения при поверке	
		первичной	периодической
Внешний осмотр	7.1	+	+
Проверка присоединительных размеров соединителей измерителя, кабеля СВЧ, мер и переходов из набора калибровочных мер	7.2	+	+
Идентификация программного обеспечения	7.3		
Определение метрологических характеристик:		+	+
Проверка диапазона рабочих частот и относительной погрешности установки частоты	7.4	+	+
Проверка динамического диапазона при полосе пропускания фильтра ПЧ 10 Гц	7.5	+	+
Проверка уровня собственного шума приемников	7.6	+	+
Проверка среднеквадратического значения шумов измерительной трассы	7.7	+	+
Проверка диапазона установки уровня выходной мощности и относительной погрешности установки и измерения уровня мощности минус 10 дБм	7.8	+	+
Проверка погрешностей измерений модуля и фазы коэффициента отражения	7.9	+	+
Проверка абсолютных погрешностей измерений модуля и фазы коэффициента передачи	7.10	+	+
Проверка модулей коэффициентов отражения, измерительных портов в режиме источника и приемника сигнала нескорректированных, направленности измерительных портов нескорректированной	7.11	+	+

2.2 В случае выявления несоответствия требованиям в ходе выполнения любой операции, указанной в таблице 1, поверяемый АЦВ бракуют, поверку прекращают, и на него оформляют извещение о непригодности в соответствии с ПР 50.2.006-94.

3 Средства поверки

3.1 При проведении поверки АЦВ следует применять средства поверки, указанные в таблице 2. Допускается применение иных средств измерений, обеспечивающих определение метрологических характеристик с требуемой точностью.

Таблица 2

Номер пункта методики поверки	Наименование и тип основного или вспомогательного средства поверки, требуемые технические и метрологические характеристики средства поверки
1	2
7.2	Комплект для измерений соединителей коаксиальных КИСК – 7: - пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений присоединительных размеров $\pm 0,01$ мм.
7.4	Частотомер электронно-счетный ЧЗ-66: - диапазон частот от 9 кГц до 8,5 ГГц; - относительная погрешность по частоте кварцевого генератора за один год $\pm 5 \cdot 10^{-7}$
7.8	Ваттметр с блоком измерительным Е4418В и преобразователем измерительным Е4413А: - диапазон частот от 50 МГц до 8,5 ГГц; - диапазон измерений мощности СВЧ от минус 70 до +20 дБм; - пределы относительной погрешности измерений мощности ± 7 %.
7.5, 7.7, 7.9	Нагрузки короткозамкнутые из состава государственного эталона единицы волнового сопротивления ГЭТ 75-2011 (далее ГЭТ 75): - соединитель тип N «вилка» и «розетка»; - диапазон частот от 0 до 8,5 ГГц; - пределы допускаемой погрешности определения действительных значений: модуля КО, не более: $\pm 0,01$ фазы КО, градус, не более: $\pm 0,5$.
7.6	Нагрузки согласованные из состава ГЭТ 75: - соединитель тип N «вилка» и «розетка»; - диапазон рабочих частот от 0 до 8,5 ГГц; - КСВН не более 1,05
7.9, 7.10	Аттенюаторы 20 дБ, 50 дБ из состава ГЭТ 75. - соединители тип N «вилка», «розетка»; - диапазон частот от 0 до 8,5 ГГц; - пределы допускаемой погрешности определения действительных значений: модуля КП, не более: $\pm 0,03$ дБ для аттенюатора 20 дБ; $\pm 0,07$ дБ для аттенюатора 50 дБ. - фазы КП, не более: $\pm 0,3$ градус для аттенюатора 20 дБ; $\pm 0,7$ градус для аттенюатора 50 дБ.

Продолжение таблицы 2

1	2
7.9, 7.10	Отрезок коаксиального волновода 50 Ом с воздушным заполнением из состава ГЭТ 75: - диапазон рабочих частот от 0 до 8,5 ГГц - соединители тип N «вилка», «розетка», длина 125 мм - пределы допускаемой абсолютной погрешности определения действительных значений: - модуля коэффициента отражения не более: $\pm 0,002$; - модуля коэффициента передачи, дБ, не более: $\pm 0,03$; - фазы коэффициента передачи, градусы, не более: $\pm 0,3$.
7.9	Отрезок коаксиального волновода 25 Ом с воздушным заполнением из состава ГЭТ 75: - диапазон рабочих частот от 0 до 8,5 ГГц; - соединители тип N «вилка», «розетка»; - общая длина 125 мм, длина участка 25 Ом 75 мм; - пределы допускаемой абсолютной погрешности определения действительных значений: - модуля коэффициента отражения (КО), не более: $\pm 0,006$ при значении модуля КО 0,60; $\pm 0,004$ при значении модуля КО 0,40; $\pm 0,003$ при значении модуля КО 0,18; - фазы КО, при значениях КО свыше 0,17, градусы, не более: ± 1 ; - модуля коэффициента передачи, дБ, не более: $\pm 0,03$; - фазы коэффициента передачи, градусы, не более: $\pm 0,3$.
7.8	Переход коаксиальный 3,5мм «розетка» - тип N «вилка»: - диапазон рабочих частот от 0 до 8,5 ГГц; - КСВН не более: 1,05; - модуля коэффициента передачи, дБ, не более: 0,15.
7.8	Переход коаксиальный 3,5мм «розетка» - тип N «розетка»: - диапазон рабочих частот от 0 до 8,5 ГГц; - КСВН не более: 1,05; - модуля коэффициента передачи, дБ, не более: 0,15.

4 Требования безопасности

4.1 При проведении поверки АЦВ необходимо соблюдать «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей», «Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей» и правила охраны труда.

4.2 К проведению поверки допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности на рабочем месте, освоившие работу с АЦВ и применяемыми средствами поверки, изучившие настоящую методику и аттестованные в соответствии с ПР 50.2.012–94.

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

4.4 При проведении всех видов работ с АЦВ необходимо пользоваться антистатическим браслетом.

4.5 Работать с АЦВ необходимо при отсутствии резких изменений температуры окружающей среды. Для исключения сбоев в работе, измерения необходимо производить при отсутствии резких перепадов напряжения питания сети, вызываемых включением и выключением мощных потребителей электроэнергии и мощных импульсных помех.

5 Условия проведения поверки

5.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха (20 ± 5) °С;
- относительная влажность воздуха не более 80 %;
- атмосферное давление от 84 до 106,7 кПа (от 630 до 800 мм рт. ст.);
- напряжение питающей сети от 198 до 242 В.

При проверке абсолютных погрешностей измерений модуля и фазы коэффициентов отражения и передачи, изменение температуры окружающего воздуха после проведения калибровки должно составлять не более ± 1 °С. Время измерений по каждому из указанных пунктов не должно превышать одного часа.

6 Подготовка к поверке

6.1 Порядок установки АЦВ на рабочее место, включения, управления и дополнительная информация приведены в руководстве по эксплуатации: «Анализаторы цепей векторные R&S ZNC3, ZNB4, ZNB8. Руководство по эксплуатации».

6.2 Убедиться в выполнении условий проведения поверки.

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

6.4 Выдержать АЦВ во включенном состоянии не менее 90 минут.

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

7 Проведение поверки

7.1 Внешний осмотр

7.1.1 Провести визуальный контроль чистоты всех СВЧ соединителей поверяемого АЦВ, включая соединители мер из состава набора калибровочных мер и кабеля.

7.1.2 При внешнем осмотре устанавливают соответствие соединителей измерительных портов АЦВ, соединителей мер, коаксиальных переходов и кабеля СВЧ следующим требованиям:

- отсутствие у соединителей механических повреждений (вмятин, забоин, отслаивания покрытия и т. д.) и заусениц на контактных и токонесущих поверхностях;
- целостность резьбы элементов соединения, которая должна обеспечивать свободное наворачивание накидной гайки

7.1.3 Проверить отсутствие механических повреждений, шумов внутри корпуса, обусловленных наличием незакрепленных деталей, следов коррозии металлических деталей и следов воздействия жидкостей или агрессивных паров, целостность лакокрасочных покрытий, сохранность маркировки и пломб.

7.1.4 Провести чистку СВЧ соединителей. Процедура чистки соединителей включает в себя продувку соединителей 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 по ГОСТ 18300. Протирку производить при помощи ватной палочки смоченной в спирте.

7.1.5 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.

7.1.6 Результаты выполнения операции считать положительными, если:

- кабели СВЧ и меры из состава набора калибровочных мер не имеют механических повреждений;
- отсутствуют шумы внутри корпуса, обусловленные наличием незакрепленных деталей;
- отсутствуют следы коррозии металлических деталей и следы воздействия жидкостей или агрессивных паров, лакокрасочные покрытия не повреждены;
- маркировка, нанесенная на поверяемый АЦВ и все элементы из его комплекта, разборчива;
- пломбы не нарушены.

7.2 Проверка присоединительных размеров

7.2.1 Проверку присоединительных размеров проводить с применением комплекта для измерения соединителей коаксиальных КИСК -7 в соответствии с указаниями эксплуатационной документации на него.

7.2.2 Проверке подлежит присоединительный размер «А» (рисунок 1) соединителей портов 1 и 2 АЦВ, кабеля СВЧ и всех мер и переходов из набора калибровочных мер, входящих в состав поверяемого АЦВ.

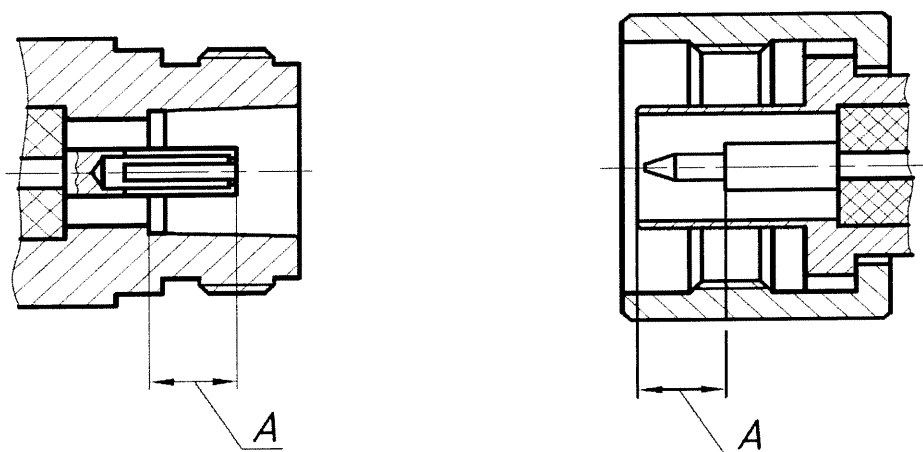


Рисунок 1 – Соединители тип N «розетка» и «вилка»

7.2.3 Результаты выполнения операции считать положительными, если присоединительные размеры «А» соединителей портов 1 и 2 АЦВ, кабеля СВЧ, мер и переходов из набора калибровочных мер соответствуют значениям:

- (5,18÷5,258) мм для соединителя тип N «розетка»;
- (5,258÷5,32) мм для соединителя тип N «вилка»;

7.3 Идентификация программного обеспечения

7.3.1 Установить параметры АЦВ: [**SYSTEM: Help: About...**].

В открывшемся программном окне на экране АЦВ должен отобразиться номер установленной версии (идентификационный номер) программного обеспечения.

7.3.2 Результаты выполнения операции считать положительными, если номер установленной версии (идентификационный номер) программного обеспечения равен v.1.30.

Определение метрологических характеристик

7.4 Проверка диапазона рабочих частот и относительной погрешности установки частоты

7.4.1 Установить параметры АЦВ:

- [**PRESET**];
- [**SETUP : Freq.Ref.: Internal**];
- [**MEAS : Wave Quantities: a1 Source Port 1**];
- [**SWEEP : Sweep Type : CW Mode**];
- [**CENTER : CW Frequency : 9 кГц; Power : 0 dBm**];
- [**SWEEP : Sweep Control : Single : Restart Sweep**].

7.4.2 Подключить к измерительному порту 1 АЦВ частотомер электронно-счетный ЧЗ-66. Измерить значение частоты АЦВ (9 кГц). Вычислить значение относительной погрешности установки частоты.

7.4.3 Установить параметр АЦВ [**CENTER : CW Frequency**]:

- 3 GHz для АЦВ R&S ZNC3;
- 4,5 GHz для АЦВ R&S ZNB4;
- 8,5 GHz для АЦВ R&S ZNB8.

7.4.4 Установить параметр АЦВ [**SWEEP : Sweep Control : Single : Restart Sweep**].

7.4.5 Измерить значение частоты АЦВ 3 ГГц (4,5 ГГц или 8,5 ГГц). Вычислить значение относительной погрешности установки частоты.

7.4.6 Результаты проверки считать положительными, если значение относительной погрешности установки частоты, определенное в пунктах 7.4.2, 7.4.5 не более $\pm 8 \cdot 10^{-6}$.

7.6.5 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 дБм.

7.6.6 Результаты проверки считать положительными, если уровень собственного шума приемников, нормализованный к полосе 1 Гц не более, дБм:

для АЦВ R&S ZNC3 в диапазонах частот:

- от 9 кГц до 100 кГц минус 105;
- свыше 100 кГц до 3 ГГц минус 120;

для АЦВ R&S ZNB4 и ZNB8 в диапазонах частот:

- от 9 кГц до 50 кГц минус 115;
- свыше 50 кГц до 50 МГц минус 120;
- свыше 50 МГц до 4 ГГц минус 130;
- свыше 4 ГГц до 6,5 ГГц минус 125;
- свыше 6,5 ГГц до 8,5 ГГц минус 120.

7.7 Проверка среднеквадратического значения шумов измерительной трассы

7.7.1 Подключить к измерительным портам 1 и 2 АЦВ нагрузки короткозамкнутые с соединителями «вилка» из состава ГЭТ 75.

7.7.2 Установить параметры АЦВ:

- [**PRESET**];
- [**MEAS** : S11 (S22)];
- [**START** : Start Frequency: **9 кHz**];
- [**POWER** : Power : 0 dBm];
- [**POWER** : Bandwidth : 10 kHz];
- [**SWEEP** : Number of points : 1001].

7.7.3 Выполнить автомасштабирование измерительной трассы. На участках диапазона частот: 9 кГц ÷ 20 кГц; 20 кГц ÷ 100 кГц; 100 кГц ÷ 100 МГц; 100 МГц ÷ 3 ГГц (100 МГц ÷ 4,5 ГГц для АЦВ R&S ZNB4, 100 МГц ÷ 8,5 ГГц для АЦВ R&S ZNB8) определить частоты f_1 .. f_4 , где наблюдается максимальное значение флуктуаций измерительной трассы. Зафиксировать значения этих частот f_N .

7.7.4 Установить параметры АЦВ:

- [**SWEEP** : Sweep Type : CW Mode];
- [**POWER** : Bandwidth : 1 kHz] (для $f_N < 100$ kHz);
- [**POWER** : Bandwidth : 10 kHz] (для $f_N \geq 100$ kHz);
- [**CENTER** : CW Frequency : f_1];
- [**SWEEP** : Number of points : 201];
- [**TRACE CONFIG** : Trace statistics : Mean/Std Dev/RMS];
- [**SWEEP** : Sweep Control : Single : Restart Sweep];

7.7.5 Установить параметры АЦВ:

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

Зафиксировать измеренное значение среднеквадратического значения шумов при измерении модуля коэффициента отражения на частоте f_1 (Statistics Std Dev value): **SD_{SHORT}**.

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

Установить параметры АЦВ:

- [**SWEEP** : Sweep Control : Single : Restart Sweep];

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

Зафиксировать измеренное значение среднеквадратическое значение шумов при измерении модуля коэффициента отражения на частоте f_1 (Statistics Std Dev value): **SD_{OPEN}**.

Из значений: **SD_{SHORT}** и **SD_{OPEN}** выбрать максимальные для требуемых участков диапазона частот **SD_{f1}**.

7.7.6 Повторить операции пункта 7.7.5 для частот $f_2.. f_4$, и определить значения **SD_{f2} - SD_{f4}**. Выбрать максимальные значения **SD_{f1}** для требуемых участков диапазона частот.

7.7.7 Повторить операции пунктов 7.7.2 - 7.7.6 для измерительной трассы S_{22} . Выбрать максимальные значения **SD_{f1}** для требуемых участков диапазона частот.

7.7.8 Установить параметры АЦВ:

- [**PRESET**];
- [**MEAS** : S11 (S22)];
- [**POWER** : Power : 0 dBm];
- [**SETUP** : System Config : User Interface : Trailing Digits : Degree : 3];
- [**FORMAT** : unwr Phase];
- [**SWEEP** : Sweep Type : CW Mode];
- [**POWER** : Bandwidth : 1 kHz] (для $f_N < 100$ kHz);
- [**POWER** : Bandwidth : 10 kHz] (для $f_N \geq 100$ 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];

Подключить к измерительному порту 1 (2) АЦВ нагрузку короткозамкнутую.

Установить параметры АЦВ:

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

Зафиксировать измеренное значение среднеквадратическое значение шумов при измерении фазы коэффициента отражения на частоте f_1 (Statistics Std Dev value): **SD_{SHORT}**.

Подключить к измерительному порту 1 (2) АЦВ нагрузку холостого хода.

Установить параметры АЦВ:

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

Зафиксировать измеренное значение среднеквадратическое значение шумов при измерении фазы коэффициента отражения на частоте f_1 (Statistics Std Dev value): **SD_{OPEN}**.

Из значений: **SD_{SHORT}** и **SD_{OPEN}** выбрать максимальные для требуемых участков диапазона частот **SD_{f1}**.

7.7.9 Повторить операции пункта 7.7.8 для частот $f_2.. f_4$, и определить значения **SD_{f2} - SD_{f4}**. Выбрать максимальные значения **SD_{f1}** для требуемых участков диапазона частот.

7.7.10 Повторить операции пунктов 7.7.8 - 7.7.9 для измерительной трассы S_{22} . Выбрать максимальные значения **SD_{f1}** для требуемых участков диапазона частот.

7.7.11 Результаты проверки считать положительными если:

Среднеквадратическое значение шумов измерительной трассы при измерении модуля коэффициента отражения не более, дБ, в диапазонах частот:

- от 9 кГц до 20 кГц при полосе ПЧ 1 кГц 0,008;
- свыше 20 кГц до 100 кГц при полосе ПЧ 1 кГц 0,004;
- свыше 100 кГц до 100 МГц при полосе 10 кГц 0,002;
- свыше 100 МГц до 8,5 ГГц при полосе 10 кГц 0,004.

Среднеквадратическое значение шумов измерительной трассы при измерении фазы коэффициента отражения не более, градус, в диапазонах частот:

- от 9 кГц до 20 кГц при полосе ПЧ 1 кГц 0,07;
- свыше 20 кГц до 100 кГц при полосе ПЧ 1 кГц 0,025;
- свыше 100 кГц до 100 МГц при полосе 10 кГц 0,015;
- свыше 100 МГц до 8,5 ГГц при полосе 10 кГц 0,035.

7.8 Проверка диапазона установки уровня выходной мощности и относительной погрешности установки и измерения уровня мощности минус 10 дБм

7.8.1 Подготовить к работе ваттметр E4418B с преобразователем измерительным E4413A в соответствии с его руководством по эксплуатации.

7.8.2 При проведении проверки относительной погрешности установки уровня выходной мощности минус 10 дБм и относительной погрешности измерения уровня мощности минус 10 дБм опорным каналом АЦВ в диапазоне частот подключить преобразователь измерительный E4413A к измерительному порту АЦВ через переход измерительный 3,5мм «розетка» - тип N «вилка» из состава ГЭТ 75 и измерять уровень мощности. Измерения проводить для измерительных портов 1 и 2 АЦВ на следующих фиксированных частотах $f_{изм}$: 9 кГц; 50 кГц; 100 кГц; 500 кГц; 1 МГц; 50 МГц; 100 МГц; 500 МГц; 1 ГГц; 2 ГГц; 3 ГГц; (далее для АЦВ R&S ZNB4, ZNB8) 4 ГГц; 4,5 ГГц; (далее для АЦВ R&S ZNB8) 6 ГГц; 8 ГГц; 8,5 ГГц. Последовательность операций описана ниже.

7.8.3 Установить 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].

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

7.8.4 Измерить ваттметром уровень выходной мощности на порте АЦВ ($P_{1изм}$ в дБм). Рассчитать относительную погрешность установки уровня выходной мощности по формуле:

$$\delta P = P_{1изм} - P_{уст},$$

где $P_{уст}$ – установленный уровень мощности минус 10 дБм.

7.8.5 Зафиксировать измеренное значение мощности в опорном канале АЦВ Statistics Mean values: ($P_{2изм}$ в дБм). Рассчитать относительную погрешность измерения уровня мощности в опорном канале АЦВ по формуле:

$$\delta P = P_{2изм} - P_{уст},$$

где $P_{уст}$ – установленный уровень мощности минус 10 дБм.

7.8.6 Выполнить операции пунктов 7.8.4 - 7.8.5 на всех тестовых частотах.

7.8.7 Выполнить операции пунктов 7.8.3 - 7.8.6 для измерительного порта 2 АЦВ, установив предварительно параметр [**MEAS** : Wave Quantities : a2 Source Port 2].

7.8.8 При проведении проверки относительной погрешности измерения уровня выходной мощности минус 10 дБм в диапазоне частот подключить кабель СВЧ из комплекта АЦВ к измерительному порту 1 (2) АЦВ. К свободному концу кабеля СВЧ подключить преобразователь измерительный E4413A через переход измерительный 3,5мм «розетка» - тип N «розетка» из состава ГЭТ 75 и измерить уровень мощности. Отключить преобразователь измерительный E4413A от кабеля и свободный конец кабеля подключить к

Анализаторы цепей векторные R&S ZNC3, ZNB4. Методика поверки

порту 2 (1) АЦВ. Измерить уровень мощности в приемнике b2 (b1) АЦВ.

7.8.9 Измерения проводить для измерительных портов 1 и 2 АЦВ на следующих фиксированных частотах $f_{изм}$: 9 кГц; 50 кГц; 100 кГц; 500 кГц; 1 МГц; 50 МГц; 100 МГц; 500 МГц; 1 ГГц; 2 ГГц; 3 ГГц; (далее для АЦВ R&S ZNB4, ZNB8) 4 ГГц; 4,5 ГГц; (далее для АЦВ R&S ZNB8) 6 ГГц; 8 ГГц; 8,5 ГГц. Последовательность операций описана ниже.

7.8.10 Установить 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 : $f_{изм}$].

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

7.8.11 Измерить уровень мощности $P1_{изм}$ в дБм на выходе кабеля СВЧ с помощью ваттметра. Зафиксировать результат измерений.

7.8.12 Отключить преобразователь измерительный E4413A от кабеля и свободный конец кабеля подключить к порту 2 АЦВ. Зафиксировать измеренное значение мощности в приемнике b2 АЦВ Statistics Mean values: ($P2_{изм}$ в дБм). Рассчитать относительную погрешность измерения уровня мощности в измерительном канале АЦВ по формуле:

$$\delta P = P2_{изм} - P1_{изм},$$

7.8.13 Выполнить операции пунктов 7.8.11, 7.8.12 на всех тестовых частотах.

7.8.14 Выполнить операции пунктов 7.8.10 - 7.8.13 для измерительного приемника b1 АЦВ (порт 1), установив предварительно параметр [**MEAS** : Wave Quantities : b1 Source Port 2].

7.8.15 При проведении проверки диапазона установки уровня выходной мощности, предварительно, с помощью анализатора цепей векторного E8364B определяют коэффициент передачи кабеля СВЧ из комплекта АЦВ $K_{каб}$ в диапазоне рабочих частот АЦВ.

При проведении проверки подключить кабель СВЧ к измерительному порту 1 (2) АЦВ. Свободный конец кабеля подключить к порту 2 (1) АЦВ. Устанавливать значения выходной мощности на измерительном порте 1 (2) АЦВ и измерять уровень мощности приемника b2 (b1). Измерения проводить в полном диапазоне частот АЦВ. При проведении проверки последовательно устанавливают значения выходной мощности АЦВ, в диапазоне выходных мощностей АЦВ. Последовательность операций описана ниже.

7.8.16 Установить параметры АЦВ:

- [**PRESET**];
- [**MEAS** : Wave Quantities : b2 Source Port 1];
- [**START** : Start Frequency: 9 kHz];
- [**SWEEP** : Sweep Params : Number of Points 201];
- [**POWER** : Bandwidth : 100 Hz].

Значение параметра [**POWER** : Power : dBm] изменяют в диапазоне выходных мощностей АЦВ (пункт 7.8.17) с дискретностью около 10 дБ (включают граничные точки диапазона).

После установки уровня выходной мощности при помощи маркера измеряют уровень мощности приемника b2 в диапазоне рабочих частот. Результат измерения корректируют, с учетом коэффициента передачи кабеля СВЧ АЦВ $K_{каб}$. Измеренное скорректированное значение мощности не должно отличаться от установленного значения на величину более 3 дБ в диапазоне частот от 9 кГц до 50 кГц и на величину более 2 дБ в диапазоне частот от 50 кГц до максимальной частоты АЦВ.

Операции данного пункта повторяют для измерительного приемника b1, предварительно установив параметр [MEAS : Wave Quantities : b1 Source Port 2].

7.8.17 Результаты проверки считать положительными, если; Диапазон установки уровня выходной мощности, дБм составляет:

- для анализаторов цепей векторных R&S ZNC3 без опции «B22» от минус 10 до 10;
- для анализаторов цепей векторных R&S ZNC3 с опцией «B22» от минус 50 до 10;
- для анализаторов цепей векторных R&S ZNB4 и ZNB8 без опции «B22» в диапазонах частот:
 - от 9 кГц до 100 МГц от минус 55 до 10;
 - свыше 100 МГц до 2,5 ГГц от минус 55 до 13;
 - свыше 2,5 ГГц до 7,5 ГГц от минус 55 до 10;
 - свыше 7,5 ГГц до 8,5 ГГц от минус 55 до 8;
- для анализаторов цепей векторных R&S ZNB4 и ZNB8 с опцией «B22» в диапазонах частот:
 - от 9 кГц до 100 МГц от минус 85 до 10;
 - свыше 100 МГц до 2,5 ГГц от минус 85 до 13;
 - свыше 2,5 ГГц до 7,5 ГГц от минус 85 до 10;
 - свыше 7,5 ГГц до 8,5 ГГц от минус 85 до 8.

Относительная погрешность установки уровня мощности минус 10 дБм, дБ не более: в диапазонах частот:

- от 9 кГц до 50 кГц ±3;
- свыше 50 кГц до 8,5 ГГц ±2.

Относительная погрешности измерения уровня мощности минус 10 дБм, дБ не более: в диапазонах частот:

- от 9 кГц до 100 кГц ±2;
- свыше 50 кГц до 8,5 ГГц ±1.

7.9 Проверка погрешностей измерений модуля и фазы коэффициента отражения

7.9.1 Проверка погрешностей измерений модуля и фазы коэффициента отражения (далее КО) выполняется, после выполнения полной двухпортовой калибровки с использованием набора калибровочных мер ZV-Z270 и кабеля СВЧ ZV-Z191. В процессе проведения калибровки и в процессе последующих измерений, изменение температуры окружающего воздуха не должно быть не более ± 1 °С. Подключение калибровочных и эталонных мер производить с использованием ключа тарированного из набора калибровочных мер.

7.9.2 Выполнить предустановку АЦВ ([PRESET]). Установить значение начальной частоты 9 кГц, полосу пропускания фильтра ПЧ 10 Гц, уровень мощности минус 10 дБм. Установить количество точек таким, чтобы частоты измерений и частоты поверки эталонных мер КО совпадали, для исключения погрешности интерполяции между точками. Создать измерительные трассы для измерения параметров S_{11} , S_{22} .

7.9.3 Подключить кабель СВЧ к измерительному порту 2 АЦВ. Выполнить полную двухпортовую калибровку TOSM в соответствии с указаниями руководства по эксплуатации АЦВ.

7.9.4 Выбрать для измерительных трасс S_{11} и S_{22} формат отображения «Lin Mag» при измерении модуля КО или формат отображения «Phase» при измерении фазы КО. Последовательность измерения эталонных мер КО описана ниже.

7.9.5 Подключить к порту 1 и порту 2 (свободный конец кабеля СВЧ) эталонную меру КО. Выполнить автомасштаб измерительных трасс S_{11} и S_{22} .

7.9.6 Определить с помощью маркеров значения модуля Γ_{ii} и фазы КО φ_{ii} в диапазоне рабочих частот в точках поверки эталонной меры.

7.9.7 Отсоединить эталонную меру КО, повернуть ее на угол, приблизительно равный

Анализаторы цепей векторные R&S ZNC3, ZNB4. Методика поверки

120 градусов, и подключить снова. Определить с помощью маркеров значения модуля Γ_{2i} и фазы КО φ_{2i} в диапазоне рабочих частот в точках поверки эталонной меры.

7.9.8 Отсоединить эталонную меру КО, повернуть ее на угол, приблизительно равный 120 градусов, и подключить снова. Определить с помощью маркеров значения модуля Γ_{3i} и фазы КО φ_{3i} в диапазоне рабочих частот в точках поверки эталонной меры.

7.9.9 Для каждой из частот поверки определить средние значения измеренных модуля и фазы КО по формулам:

$$\Gamma_{изм} = (\Gamma_1 + \Gamma_2 + \Gamma_3) / 3; \quad \varphi_{изм} = (\varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3) / 3$$

7.9.10 Для каждой из частот поверки определить погрешности измерений модуля и фазы КО по формулам:

$$\Delta\Gamma = \Gamma_{изм} - \Gamma_{эт}; \quad \Delta\varphi = \varphi_{изм} - \varphi_{эт}$$

7.9.11 При определении погрешностей измерений модуля и фазы КО выполнить измерения следующих параметров эталонных мер КО из состава ГЭТ 75:

- модуля и фазы КО нагрузок короткозамкнутых с соединителями «вилка» и «розетка»;
- модуля КО аттенюатора с ослаблением 20 дБ;
- модуля КО отрезка коаксиального волновода 50 Ом с воздушным заполнением;
- модуля КО отрезка коаксиального волновода 25 Ом с воздушным заполнением (измерения модуля и фазы КО проводят в частотных точках в диапазоне рабочих частот АЦВ, где значение модуля КО приближенно равны минус 4,5 дБ, минус 16 дБ, минус 26 дБ и имеются данные поверки).

7.9.12 Результаты проверки считать положительными, если:

Относительные погрешности измерений модуля КО, отн. ед., не более:

- $\pm 0,02$ для модуля КО нагрузок короткозамкнутых;
- $\pm 0,007$ для модуля КО ($|S_{11}|$) аттенюатора с ослаблением 20 дБ;
- $\pm 0,006$ для модуля КО ($|S_{11}|$) отрезка коаксиального волновода 50 Ом;
- $\pm 0,01$ для модуля КО ($|S_{11}|$) отрезка коаксиального волновода 25 Ом (КО 4,5 дБ);
- $\pm 0,007$ для модуля КО ($|S_{11}|$) отрезка коаксиального волновода 25 Ом (КО 16 дБ);
- $\pm 0,007$ для модуля КО ($|S_{11}|$) отрезка коаксиального волновода 25 Ом (КО 26 дБ)

Абсолютные погрешности измерений фазы КО, градус, не более:

- ± 2 для фазы КО нагрузок короткозамкнутых.

7.10 Проверка абсолютных погрешностей измерений модуля и фазы коэффициента передачи

7.10.1 Проверка абсолютных погрешностей измерений модуля и фазы коэффициента передачи далее (КП) выполняется, после выполнения полной двухпортовой калибровки с использованием набора калибровочных мер ZV-Z270 и кабеля СВЧ ZV-Z191. В процессе проведения калибровки и в процессе последующих измерений, изменение температуры окружающего воздуха не должно быть не более ± 1 °С. Подключение калибровочных и эталонных мер производить с использованием ключа тарированного из набора калибровочных мер.

7.10.2 Выполнить предустановку АЦВ ([**PRESET**]). Установить значение начальной частоты 9 кГц, полосу пропускания фильтра ПЧ 10 Гц, уровень мощности минус 10 дБм. Установить количество точек таким, чтобы частоты измерений и частоты поверки эталонных мер КП совпадали, для исключения погрешности интерполяции между точками. Создать измерительные трассы для измерения параметров S_{12} , S_{21} .

7.10.3 Подключить кабель СВЧ к измерительному порту 2 АЦВ. Выполнить полную двухпортовую калибровку TOSM в соответствии с указаниями руководства по эксплуатации АЦВ.

7.10.4 Выбрать для измерительных трасс S_{21} и S_{12} формат отображения «dB Mag» при измерении модуля КП или формат отображения «Phase» при измерении фазы КП. Последовательность измерения эталонных мер КП описывается ниже.

7.10.5 Подключить к порту 1 и порту 2 (свободный конец кабеля СВЧ) эталонную меру КП. Выполнить автомасштаб измерительных трасс.

7.10.6 Определить с помощью маркеров значения модуля A_{1i} и фазы КП φ_{1i} в диапазоне рабочих частот в точках поверки эталонной меры.

7.10.7 Отсоединить эталонную меру КП, повернуть ее на угол, приблизительно равный 120 градусам, и подключить снова. Определить с помощью маркеров значения модуля A_{2i} и фазы КП φ_{2i} в диапазоне рабочих частот в точках поверки эталонной меры.

7.10.8 Отсоединить эталонную меру КП, повернуть ее на угол, приблизительно равный 120 градусам, и подключить снова. Определить с помощью маркеров значения модуля A_{3i} и фазы КП φ_{3i} в диапазоне рабочих частот в точках поверки эталонной меры.

7.10.9 Для каждой из частот поверки определить средние значения измеренных модуля и фазы КП по формулам:

$$A_{изм} = (A_1 + A_2 + A_3) / 3; \quad \varphi_{изм} = (\varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3) / 3$$

7.10.10 Для каждой из частот поверки определить абсолютные погрешности измерений модуля и фазы КП по формулам:

$$\Delta A = A_{изм} - A_{эт}; \quad \Delta \varphi = \varphi_{изм} - \varphi_{эт}$$

7.10.11 При определении абсолютных погрешностей измерений модуля и фазы КП выполнить измерения следующих эталонных мер КП из состава ГЭТ 75:

- отрезка коаксиального волновода 50 Ом с воздушным заполнением;
- аттенюатора с номинальным значением ослабления 20 дБ;
- аттенюатора с номинальным значением ослабления 50 дБ.

7.10.12 Результаты проверки считать положительными, если:

Абсолютная погрешности измерений модуля КП, дБ, не более:

- $\pm 0,07$ для отрезка коаксиального волновода 50 Ом с воздушным заполнением;
- $\pm 0,07$ для аттенюатора 20 дБ;
- $\pm 0,14$ для аттенюатора 50 дБ.

Абсолютная погрешности измерений фазы коэффициента передачи, градус, не более:

- $\pm 0,7$ для отрезка коаксиального волновода 50 Ом с воздушным заполнением;
- $\pm 0,7$ для аттенюатора 20 дБ;
- $\pm 1,4$ для аттенюатора 50 дБ.

7.10.13 Проверка модулей коэффициентов отражения измерительных портов в режиме источника и приемника сигнала нескорректированных, направленности измерительных портов нескорректированной

7.10.14 Проверку проводят после выполнения полной однопортовой калибровки для каждого из измерительных портов АЦВ с использованием набора калибровочных мер ZV-Z270. В процессе проведения калибровки и в процессе последующих измерений, изменение температуры окружающего воздуха не должно быть не более $\pm 1^\circ\text{C}$. Подключение калибровочных мер производить с использованием ключа тарированного из набора калибровочных мер.

7.10.15 Выполнить предустановку АЦВ ([PRESET]). Установить значение начальной частоты 9 кГц, полосу пропускания фильтра ПЧ 10 Гц. Установить количество точек таким, чтобы частоты измерений и частоты поверки эталонных мер КП совпадали, для исключения погрешности интерполяции между точками. Создать измерительные трассы для измерения параметров S_{12} , S_{21} .

Анализаторы цепей векторные R&S ZNC3, ZNB4. Методика поверки

7.10.16 Выполнить полную двухпортовую калибровку OSM для каждого из измерительных портов АЦВ в соответствии с указаниями руководства по эксплуатации АЦВ.

7.10.17 Проверку модулей КО измерительных портов в режиме источника и приемника сигнала нескорректированных, направленности измерительных портов нескорректированной проводят путем измерения модулей корректирующих коэффициентов, полученных после проведения калибровки АЦВ. Графики корректирующих коэффициентов выводятся на экран АЦВ с использованием сервисных функций, представленных в таблице 3 после ввода команды: [**System config** : Service function : 0.1.10.X.Y.Z], где параметр 0.1.10.X.Y.Z – значение сервисной функции.

Таблица 3

Проверяемый параметр	Значение сервисной функции для порта 1 АЦВ	Значение сервисной функции для порта 2 АЦВ
Направленность нескорректированная	0.1.10.1.1.1	0.1.10.1.2.2
Модуль КО измерительного порта нескорректированный в режиме источника сигнала	0.1.10.3.1.1	0.1.10.3.2.2
Модуль КО измерительного порта нескорректированный в режиме приемника сигнала	0.1.10.4.2.1	0.1.10.4.1.2

7.10.18 После выполнения команды и вывода на экран измерительной трассы, отображающей значение корректирующего коэффициента, с помощью маркера определить максимальные значения модуля проверяемого параметра в диапазоне частот.

7.10.19 Результаты проверки считать положительными, если:

Модули коэффициентов отражения измерительных портов в режиме источника сигнала нескорректированные, дБ, в диапазонах частот не более:

- в диапазоне частот от 9 кГц до 50 МГц минус 20
- в диапазоне частот свыше 50 кГц до 8,5 ГГц минус 30

Модули коэффициентов отражения измерительных портов в режиме приемника сигнала нескорректированные, дБ, в диапазонах частот не более:

- в диапазоне частот от 9 кГц до 50 МГц минус 10
- в диапазоне частот свыше 50 кГц до 8,5 ГГц минус 20

Направленность измерительных портов нескорректированная, дБ, в диапазонах частот не более:

- в диапазоне частот от 9 кГц до 50 МГц минус 20
- в диапазоне частот свыше 50 кГц до 8,5 ГГц минус 30

8 Оформление результатов поверки

8.1 При положительных результатах поверки оформляют свидетельство о поверке установленного образца. В свидетельство о поверке вносят серийные номера набора калибровочных мер ZV - Z270 и кабеля СВЧ ZV-Z191, с которыми выполнялась поверка АЦВ.

8.2 При отрицательных результатах поверки оформляют извещение о непригодности установленного образца.