



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»)**

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель генерального директора  
ФБУ «Ростест-Москва»



А.Д. Меньшиков

«25» ноября 2019 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

**АНАЛИЗАТОРЫ ЦЕПЕЙ ВЕКТОРНЫЕ ZNL3, ZNL6**

Методика поверки

РТ-МП-6511-441-2019

г. Москва  
2019 г.

## 1 Общие указания

Настоящая методика устанавливает методы и средства первичной и периодической поверок анализаторов цепей векторных ZNL3, ZNL6 (далее АЦВ).

Интервал между поверками – 1 год.

Перед проведением поверки необходимо ознакомиться с указаниями, изложенными в руководстве по эксплуатации на анализаторы цепей векторных ZNL3, ZNL6.

## 2 Операции поверки

2.1 При проведении поверки выполняют 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	7.1	+	+
Идентификация программного обеспечения	7.2	+	+
Опробование	7.3	+	+
Определение метрологических характеристик			
Определение относительной погрешности частоты опорного генератора	7.4	+	+
Определение динамического диапазона при полосе пропускания 10 Гц, в диапазоне частот	7.5	+	-
Определение уровня собственного шума приемников	7.6	+	+
Определение среднеквадратического значения шумов измерительной трассы	7.7	+	+
Определение диапазона установки уровня выходной мощности сигнала и относительной погрешности установки и измерения уровня мощности сигнала минус 10 дБ (1 мВт)	7.8	+	+
Определение погрешностей измерений модуля и фазы коэффициента отражения	7.9	+	+
Определение погрешностей измерений модуля и фазы коэффициента передачи	7.10	+	+
Режим анализатора спектра (опция В1)			
Определение абсолютной погрешности измерений частоты в режиме частотомера	7.11	+	+
Определение уровня фазовых шумов	7.12	+	+
Определение среднего уровня собственных шумов	7.13	+	+

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
Определения относительной погрешности измерений уровня мощности входного сигнала	7.14	+	+

2.2 На основании письменного заявления владельца СИ допускается проводить периодическую поверку анализаторов цепей векторных ZNL3, ZNL6 для меньшего числа измеряемых величин с соответствующей записью в свидетельстве о поверке:

- без определения метрологических характеристик опции B1 (операции 7.11 -7.14);
- в ограниченном диапазоне частот для модели ZNL6 в соответствии с диапазоном частот модели ZNL3 (до 3 ГГц) в части операций 7.5-7.10, 7.13, 7.14.

2.3 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.

### 3 Средства поверки

3.1 При проведении поверки АЦВ применяют средства поверки, указанные в таблице 2.

3.2 Вместо указанных в таблице средств поверки допускается применять другие аналогичные меры и измерительные приборы, обеспечивающие измерения соответствующих параметров поверяемых средств измерений с требуемой точностью.

3.3 Применяемые средства поверки должны быть исправны и поверены, эталоны аттестованы.

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
7.4	Стандарт частоты	сигнал частотой 10 МГц	$\pm 5 \cdot 10^{-10}$ за 1 год	Стандарт частоты рубидиевый GPS-12RG
7.4	Частотомер универсальный	сигнал частотой 10 МГц	$\pm 5 \cdot 10^{-10}$ с внешней опорной частотой за 1 год	Частотомер универсальный CNT-90
7.8; 7.14	Измеритель мощности	Диапазон частот от 9 кГц до 6 ГГц; от $1 \cdot 10^{-4}$ до $1 \cdot 10^1$ мВт	$\pm 2,5 \%$	Ваттметр поглощаемой мощности СВЧ NRP6A

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
7.5 – 7.7; 7.9 – 7.10; 7.13	Набор мер коэффициентов передачи и отражения	Диапазон частот от 5 кГц до 6 ГГц	модуль коэффициента отражения $\pm(0,005\dots0,01)$ , фаза коэффициента отражения $\pm(0,5\dots0,8)$ градусов модуль коэффициента передачи $\pm(0,03\dots0,05)$ дБ, фаза коэффициента передачи $\pm(0,3\dots0,5)$ градусов	Набор мер коэффициентов передачи и отражения ZV-Z270
7.10	Аттенюатор ступенчатый	Диапазон частот от 5 кГц до 6 ГГц диапазон ослаблений от 0 до 60 дБ	$\pm(0,015\dots0,06)$ дБ	Аттенюатор ступенчатый R&S RSC
7.11; 7.12; 7.14	Генератор сигналов	от 3 МГц до 6 ГГц $P_{\text{вых}}$ от -50 до +10 дБ (1 мВт)	$\pm 1$ дБ	Генератор сигналов SMB100B

#### 4 Требования безопасности

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

К проведению поверки допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности на рабочем месте, освоившие работу с АЦВ и применяемыми средствами поверки, изучившие настоящую методику.

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

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

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха.....от 15 до 25 °С;
- относительная влажность воздуха .....не более 80 %.

## **6 Подготовка к поверке**

Порядок установки АЦВ на рабочее место, включения, управления и дополнительная информация приведены в руководстве по эксплуатации: «Анализаторы цепей векторные ZNL3, ZNL6». 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.

## **7 Проведение поверки**

### **7.1 Внешний осмотр**

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

При внешнем осмотре установить 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.

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.

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 ректифицированным. Протирку производить при помощи ватной палочки, смоченной в спирте.

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.

Результаты выполнения операции считать положительными, если выполняются вышеуказанные требования.

### **7.2 Идентификация программного обеспечения**

Проверить отсутствие ошибок при включении АЦВ. Идентификационное наименование и номер версии программного обеспечения анализатора отображаются при нажатии Setup – System Config – Versions+Options.

Номер версии ПО должен соответствовать описанию ПО в технической документации на АЦВ, ошибки при включении должны отсутствовать.

### **7.3 Опробование**

При опробовании проверяется работоспособность АЦВ.

Проверить отсутствие сообщений о неисправности на экране АЦВ после включения прибора.

Загрузить заводскую конфигурацию АЦВ:

- [ **SETUP** : System Config : Config : Preset Mode VNA];
  - [ **PRESET** ].
- Провести самотестирование прибора:
- [ **SETUP** : Service+Support : Selftest : Start Selftest].
- Включить внутренний источник опорного сигнала 10 МГц:
- [ **SETUP** : Reference Int].

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

#### 7.4 Определение относительной погрешности частоты опорного генератора

Определение относительной погрешности частоты опорного генератора проводят методом прямых измерений с помощью частотомера универсального CNT-90 и стандарта частоты рубидиевого GPS-12RG, который используется в качестве опорного генератора.

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

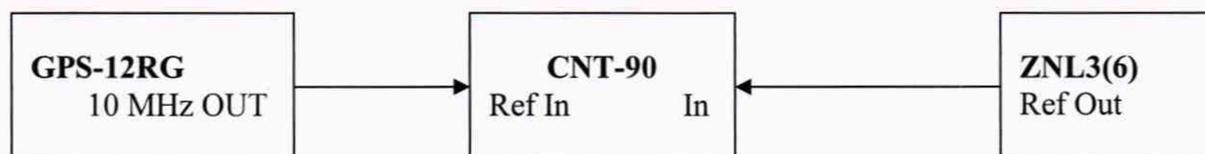


Рисунок 1

Измерить частоту опорного генератора АЦВ.

Относительную погрешность частоты вычислить по формуле 1:

$$\delta f = (F_{изм} - F_{ном}) / F_{ном}, \quad (1)$$

где:  $F_{ном}$  – установленное значение частоты, Гц (10 МГц);

$F_{изм}$  – измеренное значение частоты, Гц.

Результаты поверки по данной операции считаются удовлетворительными, если действительное значение относительной погрешности частоты опорного генератора не превышает  $\pm 1 \cdot 10^{-6}$  и  $\pm 1 \cdot 10^{-7}$  для опции В4.

#### 7.5 Определение динамического диапазона при полосе пропускания 10 Гц, в диапазоне частот

Определение динамического диапазона при полосе пропускания 10 Гц, в диапазоне частот проводят методом прямых измерений с помощью нагрузок согласованных из набора мер коэффициентов передачи и отражения ZV-Z270.

Подключить к измерительным портам 1 и 2 АЦВ нагрузки согласованные

Установить параметры АЦВ:

- [ **Preset** ];
- [ **Meas**: S21 ];

- [ **Bw Avg Power** : Power : 0 dBm ];
- [ **Bw Avg Power** : Bandwidth : 10 Hz ]
- [ **Sweep** : Number of points : 501 ]
- [ **Bw Avg Power** : Average : Factor: 10 / On / Reset];
- [ **Scale** : Scale/Div : 20 dB ].

После завершения процесса усреднения, при помощи маркера, определить максимальное значение измерительной трассы S21 в диапазоне рабочих частот.

Провести аналогичные измерения для измерительной трассы S12.

Результаты поверки по данной операции считаются удовлетворительными, если модуль измеренного максимального значения измерительной трассы не менее значений, указанных в таблице 3.

Таблица 3

Динамический диапазон для АЦВ при полосе пропускания 10 Гц, в диапазоне частот, дБ, не менее	от 5 до 100 кГц включ.	85
	св. 100 кГц до 10 МГц включ.	100
	св. 10 до 50 МГц включ.	110
	св. 50 МГц до 4,5 ГГц включ.	120
	св. 4,5 ГГц до 6 ГГц включ.	115

#### 7.6 Определение уровня собственного шума приемников

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

Подключить к измерительным портам 1 и 2 АЦВ нагрузки согласованные.

Установить параметры АЦВ:

- [ **Preset** ];
- [ **Meas** : Wave : b1 Source Port 2 ] ( для порта 1 );
- [ **Bw Avg Power** : Power : RF Off All Channels ];
- [ **Bw Avg Power** : Bandwidth : 1 kHz ];
- [ **Sweep** : Number of points : 501 ];
- [ **Bw Avg Power** : Average : Factor: 10 / On / Reset];
- [ **Scale** : Scale/Div : 20 dB ].

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 2» величины 30 дБ.

Установить параметры АЦВ:

- [ **MEAS** : Wave: 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.

Результаты поверки по данной операции считаются удовлетворительными, если уровень собственного шума приемников, нормализованный к полосе 1 Гц, не более значений, указанных в таблице 4.

Таблица 4

Уровень собственного шума приемников для АЦВ нормализованный к полосе 1 Гц, в диапазоне частот, дБ (1 мВт), не более	от 5 до 100 кГц включ.	-95
	св. 100 кГц до 50 МГц включ.	-120
	св. 50 МГц до 4,5 ГГц включ.	-130
	св. 4,5 до 6 ГГц включ.	-125

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

Подключить к измерительным портам 1 и 2 АЦВ нагрузки короткозамкнутые.

Установить параметры АЦВ:

- [ **Preset** ];
- [ **Meas : S11** ];
- [ **Freq** : Start Frequency: 10 MHz ];
- [ **Bw Avg Power**: Power : 0 dBm ];
- [ **Bw Avg Power** : Bandwidth : 10 kHz ];
- [ **Sweep** : Number of points : 1001 ].

При необходимости включить внутренний источник сигнала сняв флажок [ **Bw Avg Power** : Power : RF Off All Channels ]. Выполнить автомасштабирование измерительной трассы. Определить частоты, где наблюдается максимальное значение флюктуаций измерительной трассы. Зафиксировать значения этих частот  $f_N$ .

Установить параметры АЦВ:

- [ **Sweep** : Sweep Type : CW Mode ];
- [ **Freq**: CW Frequency :  $f_N$  ];
- [ **Sweep** : Number of points : 201 ];
- [ **Trace**: Trace statistics : Mean/Std Dev/RMS ];
- [ **Sweep** : Sweep Control : Single : Restart Sweep ];

Зафиксировать измеренное среднеквадратическое значение шумов при измерении модуля и фазы коэффициента отражения на частоте  $f_N$  (Statistics Std Dev value): **SD<sub>SHORT</sub>**.

Провести аналогичные измерения для 2 порта АЦВ, выбирая измерение трассы «S22».

Подключить к измерительным портам 1 и 2 АЦВ нагрузки холостого хода.

Зафиксировать измеренные среднеквадратическое значение шумов при измерении модуля и фазы коэффициента отражения S11 и S22 на частоте  $f_N$  (Statistics Std Dev value): **SD<sub>OPEN</sub>**.

Из значений **SD<sub>SHORT</sub>** и **SD<sub>OPEN</sub>** выбрать максимальные.

Результаты поверки по данной операции считаются удовлетворительными, если среднеквадратическое значение шумов измерительной трассы при измерении модуля/фазы коэффициента отражения не более 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, диапазона частот свыше 10 МГц, дБ/градус, не более	модуль	фаза
	0,0025	0,03

7.8 Определение диапазона установки уровня выходной мощности сигнала и относительной погрешности установки и измерения уровня мощности сигнала минус 10 дБ (1 мВт)

Определение диапазона установки уровня выходной мощности сигнала и относительной погрешности установки и измерения уровня мощности минус 10 дБ (1 мВт) проводят методом прямых измерений с помощью ваттметра поглощаемой мощности СВЧ NRP6A.

7.8.1. При определении диапазона установки уровня выходной мощности и относительной погрешности установки уровня выходной мощности сигнала минус 10 дБ (1 мВт) и погрешности измерения уровня мощности минус 10 дБ (1 мВт) опорным каналом АЦВ в диапазоне частот подключить ваттметр NRP6A к измерительному порту АЦВ и измерить уровень мощности. Измерения проводить на следующих фиксированных частотах  $f_{\text{ИЗМ}}$ : 9 кГц; 100 кГц; 101 кГц; 10 МГц; 50 МГц; 100 МГц; 500 МГц; 1 ГГц; 2 ГГц; 3 ГГц; (для ZNL6 – дополнительно 4 ГГц; 5 ГГц, 6 ГГц). Последовательность операций описана ниже.

7.8.1.1 Подготовить к работе ваттметр NRP6A в соответствии с его руководством по эксплуатации.

Установить параметры АЦВ:

- [ **Preset** ];
- [ **Meas** : Wave : a1 Source Port 1 ];
- [ **Sweep** : Sweep Type : CW Mode ];
- [ **Sweep** : Sweep Params : Number of Points 5 ];
- [ **Bw Avg Power**: Bandwidth : 100 Hz ];
- [ **Bw Avg Power**: Power : -10 dBm ];
- [ **Freq** : CW Frequency :  $f_{\text{ИЗМ}}$  ];
- [ **Trace** : Trace statistics : Mean/Std Dev/RMS ];
- [ **Sweep** : Sweep Control : Single : Restart Sweep ].

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

Измерить ваттметром уровень выходной мощности на порте АЦВ  $P_{\text{ИЗМ}}$ .

7.8.1.2 Рассчитать относительную погрешность установки уровня выходной мощности минус 10 дБ (1 мВт) по формуле 2:

$$\Delta P = P_{\text{ИЗМ}} - P_{\text{УСТ}}, \quad (2)$$

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

7.8.1.3 Зафиксировать измеренное значение мощности в опорном канале АЦВ Statistics Mean values:  $P_{2\text{ИЗМ}}$  в дБ (1 мВт). Рассчитать относительную погрешность измерений уровня мощности в опорном канале АЦВ по формуле 3:

$$\Delta P = P_{2\text{ИЗМ}} - P_{\text{ИЗМ}} \quad (3)$$

Выполнить операции пунктов 7.8.1.1-7.8.1.3 на всех тестовых частотах.

Повторить измерения по п. 7.8.1.1 при уровне мощности 0 дБ (1 мВт), установив предварительно [ **Bw Avg Power**: Power : 0 dBm ].

Если на АЦВ установлена опция B22, повторить измерения по п. 7.8.1.1 при уровне мощности минус 40 дБ (1 мВт), установив предварительно [ **Bw Avg Power: Power** : -40 dBm ].

Выполнить операции пункта 7.8.1 для измерительного порта 2 АЦВ, установив предварительно параметр [ **Meas** : Wave: a2 Source Port 2 ].

7.8.2. При проведении проверки относительной погрешности измерения уровня выходной мощности минус 10 дБ (1 мВт) приемным каналом АЦВ в диапазоне частот подключить кабель СВЧ к измерительному порту 1 АЦВ. К свободному концу кабеля СВЧ подключить ваттметр NRP6A через переход измерительный и провести измерения мощности. Отключить ваттметр от кабеля и свободный конец кабеля подключить к порту 2 АЦВ. Измерить уровень мощности в приемнике b2 АЦВ.

Измерения проводить на фиксированных частотах  $f_{\text{ИЗМ}}$ , указанных в пункте 6.7.1.

Установить параметры АЦВ:

- [ **Preset** ];
- [ **Meas** : Wave: b2 Source Port 1 ];
- [ **Bw Avg Power: Power** : -10 dBm ];
- [ **Sweep** : Sweep Type : CW Mode ];
- [ **Sweep** : Sweep Params : Number of Points 5 ];
- [ **Bw Avg Power: Bandwidth** : 100 Hz ];
- [ **Trace: Trace statistics** : Mean/Std Dev/RMS ];
- [ **Freq: CW Frequency** :  $f_{\text{ИЗМ}}$  ].

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

Измерить уровень мощности  $P1_{\text{ИЗМ}}$  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. Зафиксировать измеренное значение мощности в приемнике b2 АЦВ Statistics Mean values:  $P2_{\text{ИЗМ}}$  в дБ (1 мВт). Рассчитать относительную погрешность измерений уровня мощности в измерительном канале АЦВ по формуле 4

$$\Delta P = P2_{\text{ИЗМ}} - P1_{\text{ИЗМ}} \quad (4)$$

Выполнить операции пункта 7.8.2 на всех тестовых частотах.

Выполнить операции пункта 7.8.2 для 1-ого измерительного приемника b1 АЦВ, установив предварительно параметр [ **Meas** : Wave: b1 Source Port 2 ].

Результаты поверки по данной операции считаются удовлетворительными, если диапазон установки уровня выходной мощности соответствует значениям, указанным в таблице 6, пределы допускаемой относительной погрешности установки уровня мощности минус 10 дБ (1 мВт) и пределы допускаемой относительной погрешности измерений уровня мощности минус 10 дБ (1 мВт) соответствуют значениям, указанным в таблице 6.

Таблица 6

Диапазон установки уровня мощности сигнала, дБ (1 мВт)	штатно	от 5 до 100 кГц включ.	от -10 до -3
		св. 100 кГц до 6 ГГц включ.	от -10 до 0
	опция В22	от 5 до 100 кГц включ.	от -40 до -3
		св. 100 кГц до 6 ГГц включ.	от -40 до 0
Пределы допускаемой относительной погрешности установки уровня мощности сигнала минус 10 дБ (1 мВт), дБ		от 5 до 100 кГц включ.	±3
		св. 100 кГц до 6 ГГц включ.	±2
Пределы допускаемой относительной погрешности измерения уровня мощности сигнала минус 10 дБ (1 мВт), дБ		от 5 до 100 кГц включ.	±2
		св. 100 кГц до 6 ГГц включ.	±1,5

#### 7.9 Определение погрешностей измерений модуля и фазы коэффициента отражения.

Определение погрешностей измерений модуля и фазы коэффициента отражения выполняется в соответствии с МИ 3411-2013 «Анализаторы цепей векторные. Методика определения метрологических характеристик» (пп. 10.6 и 11.1), после выполнения полной двухпортовой калибровки портов 1 и 2 в конфигурации «розетка»-«вилка» с помощью измерительного кабеля и калибровочного набора ZV-Z270. В процессе проведения калибровки и в процессе последующих измерений, изменение температуры окружающего воздуха должно быть не более  $\pm 1$  °С. Подключение калибровочных и эталонных мер производить с использованием ключа тарированного из набора калибровочных мер.

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

Результаты поверки по данной операции считаются удовлетворительными, если пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля/фазы коэффициента отражения, дБ/градус, для диапазонов частот и модуля коэффициента отражения не превышают значений, приведенных в таблице 7.

Таблица 7

Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля/фазы коэффициента отражения для уровня выходной мощности минус 10 дБ (1 мВт), в зависимости от модуля коэффициента отражения, дБ/градус		модуль	фаза
	0 дБ	±0,2	±1,3
	-3 дБ	±0,2	±1,3
	-6 дБ	±0,23	±1,5
	-15 дБ	±0,6	±4,0
	-25 дБ	±1,7	±13
-35 дБ	±4,5	±42	

#### 7.10 Определение погрешностей измерений модуля и фазы коэффициента передачи

Определение погрешности измерений модуля и фазы коэффициента передачи выполняется после выполнения полной двухпортовой калибровки АЦВ. В процессе проведения калибровки и последующих измерений изменение температуры окружающего воздуха должно быть не более  $\pm 1$  °С. Подключение калибровочных и эталонных мер производить с использованием ключа тарированного из набора калибровочных мер.

Выполнить предустановку АЦВ ([ **PRESET** ]). Установить полосу пропускания 10 Гц, уровень мощности минус 10 дБ (1 мВт). Установить количество точек таким, чтобы частоты измерений и частоты поверки эталонных мер коэффициента передачи совпадали для исключения погрешности интерполяции между точками. Создать измерительную трассу для измерения параметров  $S_{21}$ .

Подключить кабели СВЧ к измерительным портам 1 и 2 АЦВ. Выполнить полную двухпортовую калибровку TOSM в конфигурации «вилка»-«вилка» в соответствии с указаниями руководства по эксплуатации АЦВ.

Последовательность измерения эталонных мер коэффициента передачи из набора ZV-Z270 описывается ниже.

Подключить к порту 1 и порту 2 через кабели СВЧ эталонную меру коэффициента передачи. Выполнить автомасштабирование измерительных трасс.

Определить с помощью маркеров значения модуля и фазы коэффициента передачи в диапазоне рабочих частот в точках поверки эталонной меры.

Для каждой из частот поверки определить абсолютные погрешности измерений модуля и фазы коэффициента передачи по формуле 5:

$$\Delta X = X_{изм} - X_{эт}, \quad (5)$$

где:  $X_{эт}$  – модуль/фаза коэффициента передачи эталонной меры на частоте поверки.

Затем подключить к АЦВ эталонную меру КП - аттенуатор RSC. Последовательность измерений описывается ниже.

Подключить к порту 1 и порту 2 через кабели СВЧ эталонную меру коэффициента передачи. На аттенуаторе установить значение разностного ослабления 10 дБ.

На АЦВ провести учет вносимого ослабления эталонной меры, выполнив для трассы:

- [ **Traces: Mem Math: Data to New Mem** ]
- [ **Data/Mem2[Trc1]** ]
- [ **Show Mem2[Trc1] : off** ]

На аттенуаторе поочередно устанавливать номинальные значения разностного ослабления из ряда 5; 20; 30; 40; 50; 60; 70; 75 дБ.

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

Для каждой из частот поверки определить абсолютные погрешности измерений модуля коэффициента передачи, по формуле 6:

$$\Delta A = A_{изм} - A_{эт} + A_{эт-10 дБ}, \quad (6)$$

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

$A_{эт-10 дБ}$  - модуль КП эталонной меры на частоте поверки при установленном номинальном значении разностного ослабления 10 дБ.

Результаты поверки по данной операции считаются удовлетворительными, если пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля/фазы коэффициента передачи, дБ/градус, для диапазонов частот и модуля коэффициента передачи, не превышают значений, приведенных в таблице 8.

Таблица 8

Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения модуля/фазы коэффициента передачи для уровня выходной мощности минус 10 дБ (1 мВт), в зависимости от модуля коэффициента передачи, дБ/градус		модуль	фаза
	от -65 до -50 дБ включ.	±0,2	±2
	св. -50 до -35 дБ включ.	±0,1	±1
	св. -35 до +5 дБ включ.	±0,05	±0,5

**Операции, указанные ниже, выполняются если в АЦВ установлена опция В1 – опция анализатора спектра.**

Перед выполнением операций загрузить на АЦВ заводскую конфигурацию режима анализатора спектра:

- [ **SETUP** : System Config : Config : Preset Mode SAN];
- [ **PRESET** ].

и выполнить саморегулировку АЦВ в режиме анализатора спектра:

- [ **SETUP** : Spectrum Setup: Alignment: Start Self-Alignment].

7.11 Определение абсолютной погрешности измерений частоты в режиме частотомера.

Определение абсолютной погрешности измерений частоты в режиме частотомера проводят методом прямых измерений с помощью генератора сигналов SMB100B. Так как источник опорной частоты - внутренний кварцевый генератор АЦВ - является общим для генератора сигналов и АЦВ, погрешность измерения частот не зависит от погрешности опорного генератора и равна разрешению частотомера.

Выполнить соединение СИ в соответствии со схемой, приведённой на рис. 2.

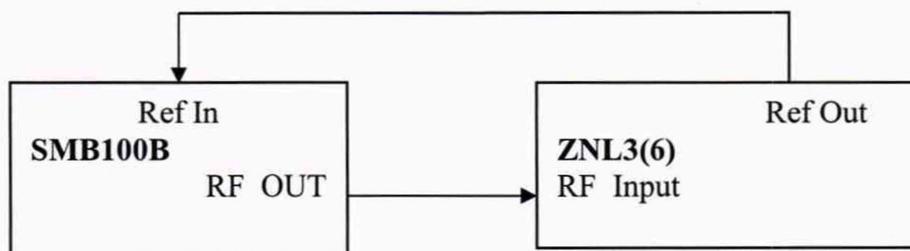


Рисунок 2

Установить выходной уровень сигнала генератора сигналов минус 13 дБ (1 мВт), частоту выходного сигнала 1 ГГц.

Выполнить следующие установки на анализаторе:

- [ **PRESET** ]
- [ **SETUP**: Reference: Int ]
- [ **AMPT**: RF ATTEN MANUAL: 10 dB ]
- [ **AMPT**: Ref Level: -3 dBm ]
- [ **SPAN** : 1 MHz ]
- [ **BW** : Res BW Manual : 100 kHz ]
- [ **BW** : Video BW Manual : 10 kHz ]
- [ **FREQ** : CENTER 1 GHz ]
- [ **MARKER->** : Peak ]
- [ **MARKER** : Select Marker Function: Signal Count: On ]
- [ **MARKER** : Select Marker Function: Signal Count: Resolution: 1 Hz ]

Измерить значение частоты сигнала с выхода генератора сигналов.

Определить погрешность измерений частоты в режиме измерений частоты входного синусоидального сигнала как разницу между значением частоты сигнала, поданного с генератора сигналов и значением частоты, измеренным прибором.

Результаты поверки по данной операции считаются удовлетворительными, если действительное значение абсолютной погрешности измерений частоты в режиме частотомера не превышает установленного разрешения частотомера  $\pm 1$  Гц.

#### 7.12 Определение уровня фазовых шумов

Определение уровня фазовых шумов (ФШ) проводят методом прямых измерений при подаче на вход АЦВ синусоидального сигнала по схеме, представленной на рис. 2.

Установить выходной уровень сигнала генератора сигналов минус 13 дБ (1 мВт), частоту выходного сигнала 1000 МГц.

Выполнить следующие установки на анализаторе:

- [ **PRESET** ]
- [ **FREQ** : CENTER 1000 MHz ]
- [ **AMPT**: Ref Level: -13 dB ]
- [ **AMPT**: RF ATTEN MANUAL: 0 dB ]
- [ **TRACE** : Trace1 : DETECTOR: **RMS** ]
- [ **SWEEP** : SWEEP TIME MANUAL : 200 ms ]

Установить полосу обзора АЦВ в соответствии с таблицей 9

- [ **SPAN** : {span} ]

Установить полосу пропускания RBW АЦВ в соответствии с таблицей 9

- [ **BW** : Res BW Manual: {RBW} ]

Установить усреднение по 20 разверткам

**TRACE 1** : AVERAGE

**SWEEP** : SWEEP COUNT : 20 : ENTER

Активировать маркер для измерения фазовых шумов:

**MKR** : Select Marker Functions: PHASE NOISE

Установить маркер для измерения фазовых шумов на величину отстройки offset

**MKR** : MARKER 2 : {offset}

Считать показание уровня фазовых шумов Ph Noise в нижнем правом углу ЖКИ АЦВ.

Результаты поверки по данной операции считаются удовлетворительными, если действительные значения уровня фазовых шумов не превышают допустимых значений, указанных в последнем столбце таблицы 9.

Таблица 9

Отстройка от несущей offset	Полоса обзора span	Полоса пропускания RBW	Действительные значения уровня ФШ, Delta 2 [T1 PHN], дБн/Гц	допустимый уровень ФШ, не более дБн/Гц
10 кГц	40 кГц	1 кГц		минус 103
100 кГц	400 кГц	1 кГц		минус 110
1 МГц	4 МГц	100 кГц		минус 128

### 7.13 Определение среднего уровня собственных шумов

Определение среднего уровня собственных шумов (СУСШ) АЦВ проводят методом прямых измерений, путём измерения уровня с усреднением показаний отсчетных устройств АЦВ при отсутствии входного сигнала.

К входу АЦВ RF Input подключить нагрузку 50 Ом из набора мер коэффициентов передачи и отражения ZV-Z270.

Выполнить следующие установки на анализаторе:

- [ **PRESET** ]
- [ **FREQ : CENTER 3 MHz** ]
- [ **AMPT: Ref Levell: -60 dBm** ]
- [ **AMPT: RF ATTEN MANUAL: 0 dB** ]
- [ **BW : Res BW Manual : 100 kHz** ]
- [ **BW : Video BW Manual : 100 Hz** ]
- [ **SPAN : 0 Hz** ]
- [ **TRACE : Trace 1 : DETECTOR: Sample** ]
- [ **SWEEP : SWEEP TIME MANUAL : 200 ms** ]

Установить центральную частоту Физм на анализаторе в соответствии с началом, серединой и концом диапазонов частот, указанных в таблице 4.

- [ **FREQ : CENTER: {Физм}** ]

При установке Физм = 100 кГц установить полосу пропускания BW = 1 кГц.

Включить режим измерения шума и для каждой установленной частоты установить маркер анализатора спектра на максимум сигнала:

- [ **MKR : Select Marker Functions: Noise Meas: ON** ]

Считать показание среднего уровня собственных шумов Noise в нижнем правом углу ЖКИ анализатора и зафиксировать полученные значения в таблице 10.

В случае наличия собственных дискретных спектральных составляющих анализатора на указанных частотах, производить отстройку от них.

Результаты поверки по данной операции считаются удовлетворительными, если средний уровень собственных шумов не превышает значений, указанных в таблице 10.

Таблица 10

Диапазон частот	СУСШ <sub>изм</sub> , дБ (1 мВт)	СУСШ <sub>доп.</sub> , дБ (1 мВт), не более
от 100 кГц до 5 МГц включ.		-135
св. 5 МГц до 4,5 ГГц включ.		-140
св. 4,5 ГГц до 6 ГГц включ.		-137

7.14 Определение относительной погрешности измерений уровня мощности входного сигнала.

Определение относительной погрешности измерений уровня проводят методом прямых измерений с помощью с помощью генератора SMB100B и ваттметра поглощаемой мощности СВЧ NRP6A.

Выполнить соединение приборов по схеме рис. 3.

К ВЧ выходу генератора через ВЧ кабель и аттенюатор ступенчатый R&S RSC (с установленным ослаблением 0 дБ) подключить преобразователь измерительный, провести калибровку выходной мощности генератора по уровню минус 10 дБ (1 мВт) в диапазоне частот от 3 МГц до 6 ГГц. Убедиться, что при установленном уровне мощности на выходе генератора минус 10 дБ (1 мВт) показания ваттметра составляют минус (10 ± 0,05) дБ (1 мВт).

К выходу аттенюатора вместо преобразователя измерительного подключить вход АЦВ.

На генераторе установить частоту 100 МГц, уровень минус 10 дБ (1 мВт).

Выполнить следующие установки на АЦВ:

- [ **MODE : Spectrum** ]
- [ **PRESET** ]
- [ **FREQ : 100 MHz** ]
- [ **AMPT: -10 dBm** ]
- [ **AMPT: Attenuator: Manual Att : 10 dB** ]
- [ **SPAN : 10 kHz** ]
- [ **BW : Manual RBW : 1 kHz** ]
- [ **TRACE : Detector : RMS** ]
- [ **SWEEP : Swep Time Manual : 5s** ]
- [ **MKR► : Set to Peak** ]

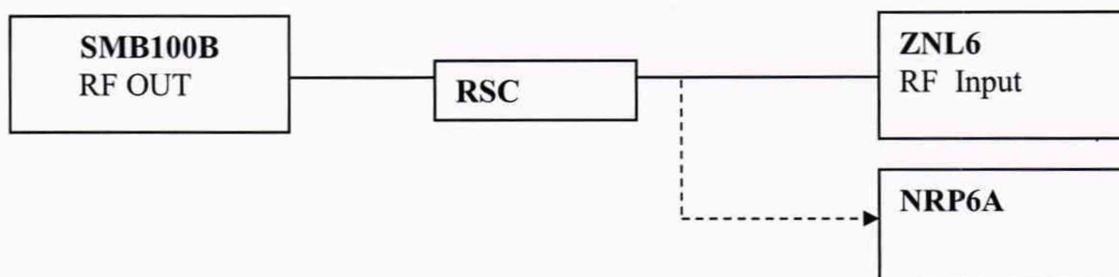


Рисунок 3

Зафиксировать результат измерений уровня по показанию маркера АЦВ  $L$  и значение уровня мощности, измеренное ваттметром  $L_p$ . Вычислить погрешность измерений по формуле 7:

$$\Delta = L - L_p \quad (7)$$

Повторить измерения для частот 3 МГц, 10 МГц, 50 МГц, 500 МГц, 700 МГц, 1 ГГц, 2 ГГц, 3 ГГц, и для АЦВ ZNL6 4 ГГц; 5 ГГц; 6 ГГц.

На частоте 1 ГГц дополнительно провести измерения при положениях ВЧ аттенюатора АЦВ [ **AMPT: Attenuator: Manual Att** 0 дБ, 20 дБ, 30 дБ]

На генераторе установить частоту 1 ГГц. На аттенюаторе R&S RSC ввести ослабление 10 дБ. Зафиксировать результат измерений уровня по показанию маркера АЦВ  $L$ .

Вычислить погрешность измерений по формуле 8:

$$\Delta = L - L_p - A \quad (8)$$

где:  $L_p$  = минус 10 дБ (1 мВт) - показания ваттметра на частоте 1 ГГц,

$A$  – ослабление аттенюатора R&S RSC на частоте 1 ГГц.

Повторить измерения для установленных значений ослабления аттенюатора R&S RSC 20 дБ, 30 дБ, 40 дБ, 50 дБ.

Результаты поверки по данной операции считать удовлетворительными, если значения относительной погрешности измерений уровня мощности входного сигнала не превышают:

$\pm 1,5$  дБ в диапазоне частот от 3 МГц до 3 ГГц включительно.

$\pm 2,0$  дБ в диапазоне частот от 3 до 6 ГГц включительно.

## **8. Оформление результатов поверки**

8.1 Результаты измерений, полученные в процессе поверки, заносят в протокол произвольной формы.

8.2 При положительных результатах поверки выдается свидетельство о поверке согласно действующим правовым нормативным документам.

Знак поверки наносится на свидетельство о поверке.

8.3 При отрицательных результатах поверки, выявленных при внешнем осмотре, опробовании или выполнении операций поверки, выдается извещение о непригодности с указанием причин.

Начальник лаборатории № 441  
ФБУ «Ростест-Москва»

 А. С. Фефилов

Начальник сектора № 1 лаборатории № 441  
ФБУ «Ростест-Москва»

 А. И. Иванов