

СОГЛАСОВАНО

**Первый заместитель генерального
директора—заместитель по научной
работе ФГУП «ВНИИФТРИ»**



[Signature] А.Н. Щипунов

» *07* 2025 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Анализаторы спектра реального времени «Агат А1860А»

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 651-25-051

2025 г.

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика распространяется на анализаторы спектра реального времени «Агат А1860А» (далее по тексту – анализаторы, Агат А1860А, изделия), изготавливаемые обществом с ограниченной ответственностью «РиПриз» (ООО «РиПриз»), Смоленская область, и устанавливает методы и средства первичной и периодической поверок данного изделия.

1.2 Первичной поверке подлежат анализаторы, выпускаемые из производства.

Периодической поверке подлежат изделия, находящиеся в эксплуатации или на хранении, а также выходящие из ремонта.

Обеспечена прослеживаемость поверяемых анализаторов к государственным первичным эталонам единиц величин посредством использования аттестованных (поверенных) в установленном порядке средств поверки. При проведении поверки должна быть обеспечена прослеживаемость поверяемых анализаторов к государственным первичным эталонам единиц величин в соответствии с:

– государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 26.09.2022 г. № 2360, к государственному первичному эталону единиц времени, частоты и национальной шкалы времени ГЭТ 1-2022;

– государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 30.12.2019 г. № 3461, к государственному первичному эталону единицы мощности электромагнитных колебаний в волноводных и коаксиальных трактах в диапазоне частот от 0,03 до 37,50 ГГц ГЭТ 26-2010.

Поверка анализаторов в соответствии с государственными поверочными схемами реализуется посредством методов прямых измерений.

1.3 В результате поверки анализаторов должны быть подтверждены метрологические требования, приведенные в таблице 1.

Таблица 1

| Наименование характеристики | Значение |
|--|-----------------------|
| Диапазон рабочих частот, МГц | от 0,009 до 18000 |
| Предел допускаемой относительной погрешности частоты внутреннего опорного генератора | $\pm 1 \cdot 10^{-7}$ |
| Диапазон измерения уровня сигнала, дБм* | от -100 до +5 |
| Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений уровня сигнала, дБ: | |
| – в диапазоне частот от 0,009 до 8000 МГц включ. | ± 1 |
| – в диапазоне частот св. 8000 до 18000 МГц включ. | ± 2 |
| Односигнальный динамический диапазон на частотах, дБ, не менее | |
| – 100 МГц | 123 |
| – 1000 МГц | 121 |
| – 10000 МГц | 121 |
| Динамический диапазон по блокированию на отстройке 1 МГц, на несущих частотах, дБн**, не более | |
| – 1 ГГц | -98 |
| – 10 ГГц | -83 |
| Ослабление зеркального канала, на частотах, дБ, не менее | |
| – 100 МГц | 72 |
| – 1000 МГц | 88 |
| – 10000 МГц | 75 |

Окончание таблицы 1

| Наименование характеристики | Значение |
|--|----------|
| Средний уровень отображаемых собственных шумов, приведенный к полосе 1 Гц, в диапазоне частот, дБм, не более | |
| от 9 кГц до 60 МГц включ. | -135 |
| св. 60 до 500 МГц включ. | -152 |
| св. 500 МГц до 2 ГГц включ. | -145 |
| св. 2,0 до 3,4 ГГц включ. | -152 |
| св. 3,4 до 6,5 ГГц включ. | -156 |
| св. 6,5 до 12 ГГц включ. | -148 |
| св. 12 до 18 ГГц включ. | -140 |
| Спектральная плотность мощности фазовых шумов на отстройке 1 кГц на несущих частотах, дБн/Гц, не более | |
| – 1 ГГц | -102 |
| – 10 ГГц | -87 |
| Минимальная полоса пропускания фильтра на основе быстрого преобразования Фурье (БПФ), Гц, не более | 0,6 |
| Полоса мгновенного анализа, МГц, не менее | 60 |
| * – здесь и далее сокращение «дБм» обозначает уровень мощности сигнала в дБ относительно мощности 1 мВт; | |
| ** — дБн - дБ относительно уровня несущей. | |

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

2.1 При поверке выполнять операции, представленные в таблице 2.

Таблица 2

| Наименование операции поверки | Обязательность выполнения операций поверки при | | Номер раздела (пункта) методики поверки в соответствии с которым выполняется операция поверки |
|---|--|-----------------------|---|
| | первичной поверке | периодической поверке | |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 Внешний осмотр. | да | да | 7.1 |
| 2 Опробование. | да | да | 8.2 |
| 3 Проверка программного обеспечения средства измерений. | да | да | 9 |
| 4 Определение относительной погрешности частоты внутреннего опорного генератора. | да | да | 10.1 |
| 5 Проверка диапазона рабочих частот и диапазона уровня сигнала, определение погрешности измерений уровня сигнала. | да | да | 10.2 |
| 6 Определение односигнального динамического диапазона. | да | да | 10.3 |
| 7 Определение динамического диапазона по блокированию на отстройке 1 МГц. | да | да | 10.4 |
| 8 Определение ослабления зеркального канала. | да | да | 10.5 |
| 9 Определение среднего отображаемого уровня собственных шумов, приведенного к полосе пропускания 1 Гц. | да | да | 10.6 |

Окончание таблицы 2

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|--|----|----|------|
| 10 Определение спектральной плотности мощности фазовых шумов на отстройке 1 кГц на несущих частотах. | да | да | 10.7 |
| 11 Определение минимальной полосы пропускания фильтра на основе быстрого преобразования Фурье (БПФ). | да | да | 10.8 |
| 12 Проверка полосы мгновенного анализа. | да | да | 10.9 |

2.2 Допускается проведение поверки для меньшего числа измеряемых величин, которые используются при эксплуатации, по соответствующим пунктам настоящей методики поверки. Соответствующая запись должна быть сделана в эксплуатационных документах и свидетельстве о поверке на основании решения эксплуатирующей организации.

3 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

3.1 К проведению поверки анализаторов допускается инженерно-технический персонал со среднетехническим или высшим радиотехническим образованием, имеющий опыт работы с радиотехническими установками, ознакомленный с руководством по эксплуатации (РЭ) и документацией по поверке, имеющий право на поверку (аттестованный в качестве поверителей).

4 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

4.1 При проведении поверки необходимо соблюдать требования безопасности, регламентируемые действующими правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок, действующими санитарно-эпидемиологическими правилами и нормативами, а также требованиями безопасности, приведёнными в эксплуатационной документации на анализаторы спектра реального времени «Агат А1860А».

4.2 Средства поверки должны быть надёжно заземлены в одной точке в соответствии с документацией.

4.3 Размещение и подключение измерительных приборов разрешается производить только при выключенном питании.

5 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

5.1 Поверку проводить при следующих условиях:

- | | |
|--|------------------|
| — температура окружающего воздуха, °С | от +15 до +35; |
| — относительная влажность окружающего воздуха, % | от 45 до 80; |
| — атмосферное давление, кПа | от 84,0 до 106,7 |

6 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

6.1 Поверка анализаторов спектра реального времени «Агат А1860А» должна производиться с помощью средств поверки, перечисленных в таблице 3.

Таблица 3

| Операции поверки, требующие применения средств поверки | Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки | Перечень рекомендуемых средств поверки |
|--|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| 10.1 Определение относительной погрешности частоты внутреннего опорного генератора. | Измеритель частоты, диапазон частот от 0,001 Гц до 40 ГГц, пределы допускаемой относительной погрешности измерений частоты $\pm 2 \cdot 10^{-7}$. | Частотомер универсальный ПрофКиП ЧЗ-102, рег. № 82648-21 в ФИФ |
| | Источник высокостабильных сигналов (пределы допускаемой относительной погрешности воспроизведения частоты 5, 10 МГц $\pm 5 \cdot 10^{-10}$). Эталон 3-го разряда ГПС для средств измерений времени и частоты по Приказу Росстандарта № 2360 от 26.09.2022 г. | Стандарт частоты и времени рубидиевый Ч1-92 рег. № 62740-21 в ФИФ |
| 10.2 Проверка диапазона рабочих частот и диапазона уровня сигнала, определение погрешности измерений уровня сигнала. | Источник сигналов ВЧ и СВЧ (диапазон частот от 250 кГц до 26,5 ГГц, пределы допускаемой основной погрешности установки уровня выходного сигнала в диапазоне частот $\pm(0,8 - 1,3)$ дБ) | Генератор сигналов E8257D, рег. № 74333-19 в ФИФ |
| | Источник сигналов сложной/произвольной формы, диапазон частот от 1 мГц до 330 МГц, пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты $\pm 13 \cdot 10^{-6}$ | Генератор сигналов 81160А, рег. № 56005-13 в ФИФ |
| | Измеритель мощности СВЧ (диапазон частот от 0 до 26,5 ГГц, диапазон измерений мощности от минус 35 дБм до плюс 20 дБм; пределы допускаемой относительной погрешности измерений уровня мощности (3,0 - 8,0) %). Рабочий эталон 3-го разряда ГПС для средств измерений мощности электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 9 кГц до 37,5 ГГц по Приказу Росстандарта № 3461 от 30.12.2019 г. | Ваттметр поглощаемой мощности СВЧ NRP50T, рег. № 69958-17 в ФИФ |
| | Измеритель спектральных характеристик аналоговых сигналов, диапазон частот от 3 Гц до 50 ГГц; пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений частоты в режиме частотомера, Гц: $\pm(F_{и} \cdot \delta_{оп} + 0,1)$, где $F_{и}$ - измеренное значение частоты (Гц); $\delta_{оп}$ - относительная погрешность частоты опорного генератора; пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений мощности, дБ: $\pm(0,36 + N)$, где N - неравномерность амплитудно-частотной характеристики | Анализатор спектра N9040B, рег. № 73996-19 в ФИФ |
| 10.3 Определение односигнального динамического диапазона. | Источник сигналов ВЧ и СВЧ (диапазон частот от 250 кГц до 26,5 ГГц, пределы допускаемой основной погрешности установки уровня выходного сигнала в диапазоне частот $\pm(0,8 - 1,3)$ дБ) | Генератор сигналов E8257D, рег. № 74333-19 в ФИФ |

Продолжение таблицы 3

| 1 | 2 | 3 |
|--|--|---|
| 10.3 Определе-ние односиг-нального дина-мического диа-пазона. | Измеритель спектральных характеристик аналоговых сигналов, диапазон частот от 3 Гц до 50 ГГц; пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений частоты в режиме частотомера, Гц: $\pm(F_{и} \cdot \delta_{оп} + 0,1)$, где $F_{и}$ - измеренное значение частоты (Гц); $\delta_{оп}$ - относительная погрешность частоты опорного генератора; пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений мощности, дБ: $\pm(0,36 + N)$, где N - неравномерность амплитудно-частотной характеристики | Анализатор спектра N9040B, рег. № 73996-19 в ФИФ |
| 10.4 Определе-ние динамиче-ского диапазона по блокирова-нию на отстрой-ке 1 МГц. | Источник сигналов ВЧ и СВЧ (диапазон частот от 250 кГц до 26,5 ГГц, пределы допускаемой основной погрешности установки уровня выходного сигнала в диапазоне частот $\pm(0,8 - 1,3)$ дБ) | Генератор сиг-налов E8257D, рег. № 74333-19 в ФИФ |
| | Источник сигналов ВЧ и СВЧ (диапазон частот от 9 кГц до 40 ГГц, пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты $\pm 1 \cdot 10^{-6}$, пределы до-пускаемой погрешности установки уровня выходного сигнала $\pm(0,6 - 2,0)$ дБ) | Генератор сиг-налов N5173B, рег. № 60079-15 в ФИФ |
| | Измеритель спектральных характеристик аналоговых сигналов, диапазон частот от 3 Гц до 50 ГГц; пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений частоты в режиме частотомера, Гц: $\pm(F_{и} \cdot \delta_{оп} + 0,1)$, где $F_{и}$ - измеренное значение частоты (Гц); $\delta_{оп}$ - относи-тельная погрешность частоты опорного генератора; пределы допускаемой абсолютной погрешности из-мерений мощности, дБ: $\pm(0,36 + N)$, где N - неравно-мерность амплитудно-частотной характеристики | Анализатор спектра N9040B, рег. № 73996-19 в ФИФ |
| 10.5 Определе-ние ослабления зеркального ка-нала. | Источник сигналов ВЧ и СВЧ (диапазон частот от 250 кГц до 26,5 ГГц, пределы допускаемой основной погрешности установки уровня выходного сигнала в диапазоне частот $\pm(0,8 - 1,3)$ дБ) | Генератор сиг-налов E8257D, рег. № 74333-19 в ФИФ |
| 10.6 Определе-ние среднего отображаемого уровня собст-венных шумов, приведенного к полосе пропус-кания 1 Гц. | Нагрузка согласованная 50 Ом | |
| 10.7 Определе-ние спектраль-ной плотности мощности фазо-вых шумов на отстройке 1 кГц на несущих час-тотах. | Источник сигналов ВЧ и СВЧ (диапазон частот от 250 кГц до 26,5 ГГц, пределы допускаемой основной погрешности установки уровня выходного сигнала в диапазоне частот $\pm(0,8 - 1,3)$ дБ) | Генератор сиг-налов E8257D, рег. № 74333-19 в ФИФ |

Окончание таблицы 3

| 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|
| 10.8 Определе-ние минималь-ной полосы про-пускания филь-тра на основе быстрого преоб-разования Фурье (БПФ). | Источник сигналов сложной/произвольной формы, диапазон частот от 1 мГц до 330 МГц, пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты $\pm 13 \cdot 10^{-6}$ | Генератор сиг-налов 81160А, рег. № 56005-13 в ФИФ |
| 10.9 Проверка полосы мгно-венного анализа. | Источник сигналов ВЧ и СВЧ (диапазон частот от 250 кГц до 26,5 ГГц, пределы допускаемой основной погрешности установки уровня выходного сигнала в диапазоне частот $\pm(0,8 - 1,3)$ дБ) | Генератор сиг-налов E8257D, рег. № 74333-19 в ФИФ |
| Примечание – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестован-ные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удо-влетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице. | | |

6.2 Средства поверки должны быть исправны, поверены, иметь свидетельства о повер-ке. Сведения о средствах поверки должны быть внесены в ФИФ «Аршин».

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 При проведении внешнего осмотра проверить:

- отсутствие механических повреждений и чистоту соединительных разъемов;
- наличие и целостность наружных деталей и пломб (наклейки);
- полноту маркировки и её сохранность, все надписи должны быть читаемы.

7.2 Проверку комплектности проводить путем сличения с данными паспорта.

7.3 Результаты внешнего осмотра считать положительными, если выполняются требования, перечисленные в пунктах 7.1 и 7.2.

7.4 Анализатор, не удовлетворяющий положительным критериям внешнего осмотра, признается непригодным к применению.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Поверитель должен изучить РЭ поверяемого анализатора спектра реального време-ни «Агат А1860А» и используемых средств поверки.

Перед проведением операций поверки необходимо:

- проверить комплектность поверяемого анализатора;
- проверить комплектность рекомендованных (или аналогичных им) средств поверки, заземлить (если это необходимо) рабочие эталоны и средства измерений, вклю-чить питание заблаговременно перед очередной операцией поверки (в соответствии со временем установления рабочего режима, указанным в РЭ).

8.2 Опробование.

8.2.1 Включить сетевой шнур питания анализатора в сеть.

8.2.2 Подключить USB кабель в разъем USB 3.0 на задней панели прибора и соединить второй разъем кабеля с разъемом USB 3.0 управляющей ПЭВМ (ПЭВМ не входит в состав ана-лизатора спектра).

8.2.3 Включить тумблер питания на передней панели, убедиться, что загорелся свето-диод тумблера включения на передней панели.

8.2.4 Включить питание управляющей ПЭВМ и дождаться загрузки операционной си-стемы.

8.2.5 Запустить управляющую программу и убедиться, что прибор подключен к ПЭВМ с помощью светового индикатора «Работа», расположенного на задней панели анализатора.

8.2.6 В поле «Состояние устройства» выводится информация о состоянии подключения анализатора. Включение/выключение анализатора регулируется кнопкой «». Когда анализатор включен кнопка установки соединения примет вид «».

8.2.7 Результаты опробования считать положительными, если при включении производится установка прибора в состояние со стандартными настройками, отсутствуют сообщения о неисправности, органы управления позволяют менять настройки параметров и режимы работы, индикаторы на экране указывают на нормальный режим работы анализатора. В противном случае анализатор бракуется.

9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ (ПО)

9.1 На ПЭВМ запустить программное обеспечение (ПО). При правильном подключении в рабочем окне программы в левом верхнем углу должна появиться надпись наименования ПО «Спектр-Л», версия v1.0.0.0.

9.2 Результаты поверки считать положительными, если идентификационные данные ПО соответствуют идентификационным данным, приведённым в таблице 4. В противном случае анализатор бракуется.

Таблица 4

| Идентификационные данные (признаки) | Значение |
|---|------------------|
| Идентификационное наименование ПО | «Спектр-Л» |
| Номер версии (идентификационный номер) ПО | не ниже v1.0.0.0 |

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

10.1 Определение относительной погрешности частоты внутреннего опорного генератора.

10.1.1 Провести подключение приборов следующим образом:

- соединить выходной разъём «REF EXT» анализатора с входным разъёмом «RF IN» частотомера универсального ПрофКиП ЧЗ-102;
- соединить выходной разъём «10 МГц» стандарта частоты Ч1-92 с входным разъёмом «Ext REF» частотомера ПрофКиП ЧЗ-102.

10.1.2 Измерить на частотомере ПрофКиП ЧЗ-102 частоту сигнала внутреннего опорного генератора анализатора. Рассчитать относительную погрешность по формуле (1):

$$\delta F = (F_{\text{изм}} - 10 \text{ МГц}) / 10 \text{ МГц}, \quad (1)$$

где $F_{\text{изм}}$ - значение частоты, измеренное частотомером, МГц.

10.1.3 Результат поверки считать положительным, если значение относительной погрешности частоты внутреннего опорного генератора находится в пределах $\pm 1 \cdot 10^{-7}$.

10.2 Проверка диапазона рабочих частот и диапазона уровня сигнала, определение погрешности измерений уровня сигнала

10.2.1 Провести подключение приборов следующим образом:

- соединить выходной разъём «RFOUT» генератора сигналов E8257D с входным разъёмом делителя мощности ДМС2Б-32-13Р;
- соединить первый выходной разъём делителя через комбинацию из ступенчатых аттенуаторов 8494В и 8496В с входом ваттметра поглощаемой мощности СВЧ NRP50Т, обозначенным PW1;
- соединить второй выходной разъём делителя с входом ваттметра поглощаемой мощности СВЧ NRP50Т, обозначенным PW2.

10.2.2 Установить на выходе генератора E8257D сигнал с частотой 100 МГц. На комбинации аттенюаторов установить ослабление 0 дБ. Отрегулировать выходной уровень сигнала генератора таким образом, чтобы на входе ваттметра PW1 уровень мощности составлял 5 дБм.

10.2.3 Произвести измерение уровней мощностей ваттметрами PW1 и PW2 на установленной частоте.

10.2.4 Связь между показаниями ваттметров PW1 и PW2 устанавливается соотношением (2):

$$P_{pw1} = k \cdot P_{pw2}, \quad (2)$$

где k – коэффициент.

10.2.5 Повторить операции пп. 10.2.3 – 10.2.4 на частотах 1000; 5000, 8000, 8500, 10000; 12000, 18000 МГц.

10.2.6 Установить на генераторе начальную частоту генерируемого сигнала – 100 МГц.

10.2.7 Вместо ваттметра PW1 к выходу комбинации из аттенюаторов подключить поверяемый анализатор.

10.2.8 Произвести измерение мощности анализатором.

10.2.9 Вычислить абсолютную погрешность измерения мощности (ΔP , дБ) по формуле (3):

$$\Delta P = 5 \text{ дБм} - P_{из}, \quad (3)$$

где 5 дБм – мощность на входе поверяемого анализатора;

$P_{из}$ – измеренное значение уровня поверяемым анализатором, дБ (отн. 1 мВт);

10.2.10 Пользуясь соотношением (2) устанавливать последовательно на входе анализатора уровни сигнала генератора: 0 и минус 20 дБм. Повторить операции пп. 10.2.8 – 10.2.9 на частотах, приведенных в п. 10.2.5.

10.2.11 Для проведения измерений в диапазоне мощностей от минус 20 до минус 100 дБм вместо поверяемого анализатора включить анализатор N9040B.

10.2.12 Пользуясь соотношением (2) установить на входе анализатора опорный уровень сигнала минус 20 дБм, обозначим его $P_{в0}$.

Измерить анализатором опорный уровень минус 20 дБм, обозначим его $P_{А0}$.

10.2.13 Регулируя ослабление комбинации аттенюаторов добиться на анализаторе показаний -60 дБм. Зафиксировать показания $P_{А60}$ в рабочем журнале.

10.2.14 Вместо N9040B включить поверяемое изделие. Зафиксировать его показание $P_{и60}$.

10.2.15 Рассчитать погрешность измерения уровня анализатором $\delta P_{уст}$, дБ, по формуле:

$$\delta P_{уст} = P_{и60} - P_{А60} + P_{А0} - P_{в0}, \quad (4)$$

10.2.16 Вместо поверяемого анализатора включить анализатор N9040B. Регулируя ослабление комбинации аттенюаторов добиться на анализаторе показаний -100 дБм. Зафиксировать показания $P_{А100}$ в рабочем журнале.

10.2.17 Вместо N9040B включить поверяемое изделие. Зафиксировать его показание $P_{и100}$.

10.2.18 Рассчитать погрешность измерения уровня поверяемым анализатором $\delta P_{уст}$, дБ, по формуле:

$$\delta P_{уст} = P_{и100} - P_{А100} + P_{А0} - P_{в0}, \quad (5)$$

10.2.19 Повторить операции пунктов 10.2.1-10.2.18 для сигнала с частотами 9 кГц и 100 кГц, используя генератор сложной/произвольной формы 81160A.

10.2.20 Результаты поверки считать положительными, если рабочий диапазон частот поверяемого анализатора составил от 9 кГц до 18000 МГц, диапазон измерений уровней сигнала составил от плюс 5 до минус 100 дБм, рассчитанные значения погрешности измерений уровня $\delta P_{уст}$ находятся в пределах ± 1 дБ в диапазоне частот от 9 кГц до 8000 МГц включительно, ± 2 дБ в диапазоне частот свыше 8000 МГц до 18000 МГц включительно.

10.3 Определение односигнального динамического диапазона

10.3.1 Подготовить изделие к работе в соответствии с п. 2.2 «Руководства по эксплуатации» АСНГ.464344.022РЭ, подключить к входному разъему генератор E8257D.

10.3.2 Установить на генераторе следующие параметры: частота сигнала 100 МГц, уровень сигнала плюс 5 дБм.

10.3.3 Установить на анализаторе следующие параметры:

- центральная частота 100 МГц;
- полоса 100 кГц;
- разрешение фильтра БПФ – 1,14 Гц;
- опорный уровень – плюс 5 дБм;
- число усреднений – 20.

10.3.4 В окне отображения спектра найти сигнал, соответствующий частоте 100 МГц, отрегулировать уровень выходного сигнала генератора таким образом, чтобы получилось максимальное значение амплитуды сигнала, для этого необходимо увеличивать уровень выходного сигнала генератора, до тех пор, пока не появится сообщение о перегрузке, после этого необходимо снизить уровень генератора на 1 дБ.

10.3.5 Отключить генератор от входа изделия и подключить его ко входу анализатора N9040B.

10.3.6 Измерить анализатором N9040B мощность сигнала P1 на частоте 100 МГц, значение P1 записать в рабочий журнал.

10.3.7 Отключить генератор от входа анализатора N9040B, подключить к генератору комбинацию из ступенчатых аттенуаторов 8494В и 8496В и подключить его ко входу изделия.

10.3.8 Отрегулировать с помощью аттенуаторов уровень выходного сигнала генератора, таким образом, чтобы соотношение сигнал/шум, измеряемого сигнала, стало равно $(10 \pm 0,5)$ дБ.

10.3.9 Отключить генератор с аттенуаторами от входа изделия и подключить его ко входу анализатора N9040B.

10.3.10 Измерить анализатором N9040B мощность сигнала P2 на частоте 100 МГц, значение P2 записать в рабочий журнал.

10.3.11 Повторить пп. 10.3.2 – 10.3.10 для частот 1 ГГц и 10 ГГц.

10.3.12. Рассчитать динамический диапазон DR по формуле:

$$DR = P1 - P2 \quad (6)$$

10.3.13 Результаты поверки считать положительными, если односигнальный динамический диапазон на частоте 100 МГц не менее 123 дБ, на частотах 1 ГГц и 10 ГГц не менее 121 дБ.

10.4 Определение динамического диапазона по блокированию на отстройке 1 МГц.

10.4.1 Подготовить изделие к работе в соответствии с п. 2.2 «Руководства по эксплуатации» АСНГ.464344.022РЭ.

10.4.2 Соединить кабелями разъем выхода опорной частоты (10 MHz OUT) генератора E8257D с разъемом входа внешнего опорного сигнала (10 MHz IN) генератора N5173B.

10.4.3 Подключить к входному разъему изделия генераторы E8257D и N5173B через делитель мощности (частотный диапазон 10 кГц – 18 ГГц).

10.4.4 Установить на анализаторе следующие параметры: центральная частота 1000 МГц, полоса 3 МГц, разрешение БПФ – 1,14 Гц, опорный уровень – минус 10 дБм, число усреднений – 20.

10.4.5 Установить на генераторе E8257D следующие параметры: частота сигнала 1000 МГц, уровень сигнала плюс 5 дБм.

10.4.6 На анализаторе в окне отображения спектра найти сигнал, соответствующий частоте 1000 МГц, отрегулировать уровень выходного сигнала генератора таким образом, чтобы получилось максимальное значение амплитуды сигнала, для этого необходимо увеличивать

уровень выходного сигнала генератора, до тех пор, пока на экране анализатора не появится сообщение о перегрузке, после этого необходимо снизить уровень генератора на 1 дБ.

10.4.7 Установить на генераторе N5173B следующие параметры: частота сигнала 1001 МГц, уровень сигнала минус 90 дБм.

10.4.8 В окне отображения спектра найти сигнал, соответствующий частоте 1001 МГц. Отрегулировать уровень мощности генератора N5173B таким образом, чтобы соотношение сигнал/шум измеряемого сигнала 1001 МГц, стало равно $(10 \pm 0,5)$ дБ.

10.4.9 Выключить выходную мощность генераторов.

10.4.10 Подключить к входному разъему анализатора N9040B генераторы N5173B и E8257D через делитель мощности.

10.4.11 Включить выходную мощность генератора E8257D и измерить анализатором сигнал с частотой 1000 МГц, результат измерений P_S записать в рабочий журнал. Выключить мощность генератора.

10.4.12 Включить выходную мощность генератора N5173B и измерить анализатором сигнал частотой 1001 МГц, результат измерений P_B записать в рабочий журнал. Выключить мощность генератора.

10.4.13 Повторить пп. 10.4.3 – 10.4.12, установив центральную частоту поверяемого анализатора 10000 МГц, частоту генератора E8257D – 10000 МГц, частоту генератора N5173B – 10001 МГц.

10.4.14 Рассчитать динамический диапазон по блокированию DRB по формуле:

$$DRB = P_S - P_B \quad (7)$$

10.4.15 Результаты проверки считать положительными, если динамический диапазон по блокированию на частоте 1 ГГц и отстройке 1 МГц не более минус 98 дБ; на частоте 10 ГГц и отстройке 1 МГц не более минус 83 дБ.

10.5 Определение ослабления зеркального канала.

10.5.1 Подготовить изделие к работе в соответствии с п. 2.2 «Руководства по эксплуатации» АСНГ.464344.022РЭ.

10.5.2 К входному разъему изделия подключить генератор E8257D.

10.5.3 Установить на анализаторе «Agat A1860A» следующие параметры:

центральная частота 100 МГц, полоса 2 МГц, разрешение БПФ – 18 Гц, опорный уровень – минус 10 дБм.

10.5.4 Установить на генераторе следующие параметры: частота сигнала 100 МГц, уровень сигнала минус 35 дБм.

10.5.5 В окне отображения спектра найти сигнал, соответствующий частоте 100 МГц, отрегулировать уровень выходного сигнала генератора таким образом, чтобы получилось максимальное значение амплитуды сигнала, для этого необходимо увеличивать уровень выходного сигнала генератора, до тех пор, пока не появится сообщение о перегрузке, после этого необходимо снизить уровень генератора на 1 дБ. Используя курсор, измерить мощность сигнала P_1 , измеренное значение записать в таблицу 8.

10.5.6 Установить на генераторе частоту 4380 МГц, что соответствует частоте зеркального канала.

10.5.7 В окне отображения спектра найти сигнал, соответствующий частоте 100 МГц и измерить значение мощности сигнала P_2 , измеренное значение записать в рабочий журнал.

10.5.8 Повторить измерения по пп. 10.5.3 – 10.5.7 для входной частоты 1000 МГц и зеркальной частоты 2400 МГц.

10.5.9 Повторить измерения по пп. 10.5.3 – 10.5.7 для входной частоты 10000 МГц и зеркальной частоты 14280 МГц.

10.5.10 Рассчитать ослабление сигнала зеркального канала $OC3K$ по формуле:

$$OC3K = P_1 - P_2 \quad (8)$$

10.5.11 Результаты поверки считать положительными, если в процессе проверки рассчитанное по формуле (8) ослабление зеркального канала для частоты 100 МГц не менее 72 дБ, для частоты 1 ГГц не менее 88 дБ, для частоты 10 ГГц не менее 75 дБ.

10.6 Определение среднего отображаемого уровня собственных шумов, приведенного к полосе пропускания 1 Гц.

10.6.1 Проверка требований к отображаемому уровню собственных шумов проводится следующим образом.

10.6.2 Подготовить изделие к работе в соответствии с Руководством по эксплуатации АСНГ.464344.022РЭ.

10.6.3 На входной разъем изделия подключить нагрузку 50 Ом.

10.6.4 Установить на анализаторе «Агат А1860А» следующие параметры: центральная частота 30 МГц, полоса 60 МГц, разрешение БПФ – 18 Гц, опорный уровень – минус 35 дБм, режим трассы – усреднение, число усреднений – 20.

10.6.5 Включить маркер № 1, установить маркер на центр шумовой дорожки по высоте, записать значение мощности маркера М в рабочий журнал.

10.6.6 Повторить пп. 10.6.4, 10.6.5. для следующих центральных частот: 90; 470; 530; 1970; 2030; 3370; 3430; 6470; 6530; 11970; 12030; 17970 МГц.

10.6.7 Вычислить усредненный уровень шума ($P_i - 12,55$), где 12,55 – поправка, учитывающая отличие установленного разрешения БПФ от 1 Гц

10.6.12 Результаты поверки считать положительными, если измеренное значение усреднённого уровня шума ($P_i - 12,55$) к полосе пропускания 1 Гц, не превышает значений, указанных в таблице 4.

Таблица 4

| Наименование характеристики | Значение |
|---|----------|
| Средний уровень собственных шумов, приведенный к полосе пропускания 1 Гц, в диапазонах частот, дБ (1мВт), не более: | |
| от 9 кГц до 60 МГц включ. | -135 |
| св. 60 до 500 МГц включ. | -152 |
| св. 500 МГц до 2 ГГц включ. | -145 |
| св. 2,0 до 3,4 ГГц включ. | -152 |
| св. 3,4 до 6,5 ГГц включ. | -156 |
| св. 6,5 до 12 ГГц включ. | -148 |
| св. 12 до 18 ГГц включ. | -140 |

10.7 Определение спектральной плотности мощности фазовых шумов на отстройке 1 кГц на несущих частотах.

10.7.1 Подготовить изделие к работе в соответствии с Руководством по эксплуатации АСНГ.464344.022РЭ.

10.7.2 К входному разъему изделия подключить генератор E8257D.

10.7.3 Установить на генераторе следующие параметры: частота сигнала 1000 МГц, уровень сигнала минус 10 дБм.

10.7.4 Установить на анализаторе «Агат А1860А» следующие параметры:

центральная частота 1000 МГц, полоса 2 МГц, разрешение БПФ – 9 Гц, опорный уровень – минус 10 дБм, режим трассы – усреднение, число усреднений – 20.

10.7.5 Используя кнопки масштабирования увеличить масштаб таким образом, чтобы сигнал располагался по центру, и полоса обзора составляла около 10 кГц.

10.7.6 Включить маркер № 1, найти максимум, значение А1 записать в рабочий журнал.

10.7.7 Включить маркер № 2, установить его со смещением плюс 1 кГц от маркера № 1. При наличии в точке смещения паразитных составляющих, передвинуть маркер 2 в область отсутствия помех, но не более чем на ± 50 Гц, значение А2 записать в рабочий журнал.

10.7.8 Включить маркер № 3, установить его со смещением минус 1 кГц от маркера № 1. При наличии в точке смещения паразитных составляющих, передвинуть маркер 3 в область отсутствия помех, но не более чем на ± 50 Гц, значение А3 записать в рабочий журнал.

10.7.9 Повторить пп. 10.7.3 – 10.7.8 для частоты 10 ГГц.

10.7.10 Вычислить значение спектральной плотности мощности фазовых шумов по формуле (9)

$$P_{\text{ФШ}} = (A2+A3)/2 - A1 - 10lg\text{БПФ} \quad (9)$$

где, $P_{\text{ФШ}}$ – значение спектральной плотности мощности фазовых шумов, дБн в полосе 1 Гц;

$A1, A2, A3$ – значение маркеров в дБм;

БПФ – значение разрешения БПФ в Гц.

10.7.11 Результаты поверки считать положительными, если расчётное значение фазового шума $P_{\text{ФШ}}$ не превышает значения минус 102 дБн/Гц на частоте 1 ГГц и минус 82 дБн/Гц на частоте 10 ГГц.

10.8 Определение минимальной полосы пропускания фильтра на основе быстрого преобразования Фурье (БПФ).

10.8.1 Подготовить изделие к работе в соответствии с п. 2.2 «Руководства по эксплуатации» АСНГ.464344.022РЭ.

10.8.2 К входному разъему изделия подключить генератор 81160А.

10.8.3 Соединить кабелем разъем выхода опорной частоты (10 MHz OUT) генератора 81160А с разъемом входа внешнего опорного сигнала (10 MHz IN) анализатора.

10.8.4 Установить на анализаторе «Агат А1860А» следующие параметры:

- центральная частота 100 кГц;
- полоса 10 кГц;
- разрешение БПФ – 0,6 Гц;
- опорный уровень – минус 10 дБм.

10.8.5 Установить на генераторе следующие параметры: частота сигнала 100 кГц, уровень сигнала минус 10 дБм, шаг частоты 0,01 Гц.

10.8.6 Используя кнопки масштабирования увеличить масштаб таким образом, чтобы сигнал располагался по центру, и полоса обзора составляла около 50 Гц.

10.8.7 Изменяя частоту генератора найти максимальное значение амплитуды в полосе 1 Гц. Записать частоту F1, соответствующую этому максимальному значению в рабочий журнал.

10.8.8 Изменяя частоту, найти следующий максимум амплитуды, в полосе 1,2 Гц. Записать частоту F2, соответствующую этому максимальному значению в рабочий журнал.

10.8.9 Рассчитать минимальный фильтр БПФ $F_{\text{БПФ}}$ по формуле (10)

$$F_{\text{БПФ}} = |F1 - F2| \quad (10)$$

где $F_{\text{БПФ}}$ – рассчитанный минимальный фильтр БПФ, Гц; F1 и F2, – измеренная частота сигнала, Гц.

10.8.10 Результаты поверки считать положительными, если размер минимальной полосы пропускания фильтра БПФ не превышает 0,6 Гц.

10.9 Проверка полосы мгновенного анализа.

10.9.1 Проверка требований к полосе мгновенного анализа проводится следующим образом.

10.9.2 Подготовить изделие к работе в соответствии с п. 2 Руководства по эксплуатации АСНГ.464344.022РЭ.

10.9.3 К входному разъему изделия подключить генератор E8257D.

10.9.4 Установить на анализаторе «Агат А1860А» следующие параметры: центральная частота 1000 МГц, полоса 60 МГц, разрешение БПФ – 18 Гц, опорный уровень – минус 10 дБм.

10.9.5 Установить на генераторе E8257D режим SWEEP с параметрами: начальная частота 970 МГц, конечная частота 1030 МГц, мощность – минус 10 дБм, количество точек – 60, время – 1 мс.

10.9.6 Запустить ПО «Спектр-Л» в режиме записи, выждать время (5 ± 3) с, остановить запись.

10.9.7 Открыть записанный файл в программном модуле просмотра файлов SPL «Спектр-А», входящий в ПО «Спектр-Л».

10.9.8 Результаты поверки считать положительными, если записанный файл не имеет разрывов и отображаются все частоты, устанавливаемые генератором E8257D в полосе 60 МГц.

10.10 Критериями принятия специалистом, проводившим поверку, решения по подтверждению соответствия средства измерений метрологическим требованиям, установленным при утверждении типа, являются:

- обязательное выполнения всех процедур, перечисленных в разделах 8.2; 9; 10 и соответствие действительных значений метрологических характеристик анализаторов требованиям, указанным в пунктах 10.1 - 10.9 настоящей методики;

- обеспечение прослеживаемости поверяемых анализаторов к государственным первичным эталонам единиц величин:

- а) к ГЭТ 1-2022 «Государственный первичный эталон единиц времени, частоты и национальной шкалы времени»;

- б) 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».

10.11 При получении отрицательных результатов по любой из процедур, перечисленных в разделах 8.2; 9; 10 или несоответствии действительных значений метрологических характеристик анализаторов требованиям, указанным в пунктах 10.1 - 10.9 принимается решение о несоответствии средства измерений метрологическим требованиям, установленным при утверждении типа.

12 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

12.1 Анализаторы спектра реального времени «Агат А1860А» признаются годными, если в ходе поверки все результаты поверки положительные.

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

12.3 При положительных результатах поверки по заявлению владельца прибора или лица, предъявившего его на поверку, на средство измерений наносится знак поверки, и (или) выдается свидетельство о поверке, и (или) в паспорт прибора вносится запись о проведенной поверке, заверяемая подписью поверителя и знаком поверки, с указанием даты поверки.

Знак поверки в виде наклейки наносится на переднюю панель анализатора.

12.4 При выполнении сокращенной поверки (на основании решения или заявки на проведение поверки, эксплуатирующей организации) в свидетельстве о поверке указывать диапазон измеряемых величин и/или значения (диапазон) частот, на которых выполнена поверка.

12.5 Прибор, анализатор спектра реального времени «Агат А1860А», имеющий отрицательные результаты поверки, в обращение не допускается. На него выдается извещение о непригодности к применению с указанием причин забракования по установленной форме.

Начальник НИО-1 ФГУП «ВНИИФТРИ»

Начальник лаборатории № 121
ФГУП «ВНИИФТРИ»

О.В. Каминский

А.В. Мильников