

СОГЛАСОВАНО
Генеральный директор
ООО «КИА»



В.Н. Викулин

« 18 » ноября 2022 г.

М.п.

ГСИ. Анализаторы антенно-фидерных устройств

E7000L

Методика поверки

МП 002-2022

г. Москва
2022 г.

Оглавление

| | |
|---|----|
| 1. Общие положения..... | 3 |
| 2. Перечень операций поверки | 3 |
| 3. Требования к условиям проведения поверки..... | 4 |
| 4. Требования к специалистам, осуществляющим поверку | 5 |
| 5. Метрологические и технические требования к средствам поверки | 5 |
| 6. Требования по обеспечению безопасности проведения поверки | 6 |
| 7. Внешний осмотр средства измерений | 6 |
| 8. Подготовка к проведению поверки и опробование средства измерений..... | 6 |
| 9. Проверка программного обеспечения | 7 |
| 10. Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям | 7 |
| 11. Оформление результатов поверки | 10 |

1. Общие положения

Настоящая методика поверки (МП) устанавливает методы и средства первичной и периодической поверки средств измерений (СИ): Анализаторы антенно-фидерных устройств E7000L (далее – анализаторы). В результате поверки должны быть подтверждены метрологические требования, приведенные в таблице 1.

Прослеживаемость при поверке СИ обеспечивается в соответствии с государственной поверочной схемой (ГПС) для средств измерений времени и частоты к государственному первичному эталону (ГПЭ) времени, частоты и национальной шкалы времени гэт1-2022; в соответствии с ГПС для средств измерений мощности электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 9 кГц до 37,5 ГГц к ГПЭ единицы мощности электромагнитных колебаний гэт26-2010; в соответствии с ГПС по ГОСТ Р 8.813-2013 для средств измерений волнового сопротивления, комплексных коэффициентов отражения и передачи в коаксиальных волноводах к ГПЭ единицы волнового сопротивления в коаксиальных волноводах гэт75-2017, в соответствии с ГПС для средств измерений длины и времени распространения сигнала в световоде, средней мощности, ослабления и длины волны для волоконно-оптических систем связи и передачи информации к ГПЭ единиц длины и времени распространения сигнала в световоде, средней мощности, ослабления и длины волны для волоконно-оптических систем связи и передачи информации гэт170-2011.

При определении метрологических характеристик (МХ) поверяемого СИ, используются методы прямых измерений с непосредственной оценкой и сравнением измеряемых величин с эталоном (равномерное компарирование) с применением рабочих эталонов единиц величин.

Таблица 1

| Наименование характеристики | Значение |
|---|-----------------------|
| Базовая модификация | |
| Диапазон частот, МГц | от 2 до 4400 |
| Пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты | $\pm 2 \cdot 10^{-6}$ |
| Пределы допускаемой относительной погрешности измерений КСВН, % | ± 5 |
| Диапазон измерений мощности, дБм | от -30 до +12 |
| Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений мощности (при температуре от +20 до +26°C), дБ | $\pm 0,5$ |
| Дополнительная опция - оптический измеритель мощности | |
| Длины волн калибровки, нм | 850, 1310, 1550 |
| Диапазон измерений уровня средней мощности оптического излучения, дБм | от -43 до +10 |
| Пределы допускаемой основной погрешности измерений уровня средней мощности оптического излучения, на длинах волн калибровки, после прогрева не менее 30 минут, дБ | |
| - на 850 нм | $\pm 0,7$ |
| - на 1310 и 1550 нм | $\pm 0,5$ |

2. Перечень операций поверки

При первичной и периодической поверках должны выполняться операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2

| Наименование операции поверки | Обязательность выполнения операций поверки при | | Номер пункта методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки |
|--|--|-----------------------|--|
| | первичной поверке | периодической поверке | |
| 1. Внешний осмотр средства измерений | да | да | 7 |
| 2. Подготовка к проведению поверки и опробование | да | да | 8 |
| 3. Проверка программного обеспечения | да | да | 9 |
| 4. Определение и подтверждение метрологическим требованиям пределов относительной погрешности установки частоты | да | да | 10.1 |
| 5. Определение и подтверждение метрологическим требованиям пределов относительной погрешности измерений коэффициента стоячей волны по напряжению (КСВН) | да | да | 10.2 |
| 6. Определение и подтверждение метрологическим требованиям пределов абсолютной погрешности измерений мощности (при температуре от 20°C до 26°C) | да | да | 10.3 |
| 7. Определение и подтверждение метрологическим требованиям пределов относительной погрешности измерений уровня средней мощности оптического излучения, на длинах волн калибровки, после прогрева не менее 30 минут (для анализаторов с опцией оптического измерителя мощности) | да | да | 10.4 |
| 8. Оформление результатов поверки | да | да | 11 |

Допускается проведение поверки с сокращенном объеме: отдельная поверка по характеристикам оптического измерителя мощности при добавлении такой опции.

3. Требования к условиям проведения поверки

Условия проведения поверки должны соответствовать требованиям, установленным ГОСТ 8.395-80 «Государственная система обеспечения единства измерений. Нормальные условия измерений при поверке. Общие требования»:

Температура окружающего воздуха, °C

от +10 до +35

Относительная влажность воздуха при 25 °C, %

до 80

4. Требования к специалистам, осуществляющим поверку

К проведению поверки допускаются лица, аттестованные в качестве поверителей радиоэлектронных средств, имеющие опыт работы и изучившие руководство по эксплуатации на анализатор и средства поверки.

5. Метрологические и технические требования к средствам поверки

При проведении поверки применяются средства поверки, указанные в таблице 3. Средства поверки должны быть исправны и иметь действующий документ о поверке (знак поверки).

Таблица 3

| Операции поверки, требующие применения средств поверки | Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки | Перечень рекомендуемых средств поверки |
|---|--|--|
| п. 8 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений) | Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от 5 до 40 °С с абсолютной погрешностью не более 1 °С; Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 20 до 90 % с погрешностью не более 2% | Измеритель влажности и температур ИВТМ-7 (номер в госреестре СИ 71394-18) |
| п. 10.1 Определение пределов относительной погрешности установки частоты | Рабочий эталон по ГПС для СИ времени и частоты: сигналы частоты 1, 5, 10МГц, относительная погрешность по частоте при синхронизации по сигналам ГНСС $\pm 5 \cdot 10^{-12}$ Частотомер электронно-счетный: диапазон частот 10Гц-37,5 ГГц, пределы относительной погрешности измерения частоты $d = \pm (d_0 + 1/f_x \cdot t_{сч})$, где d_0 - относительная погрешность по частоте опорного генератора; f_x - измеряемая частота; $t_{сч}$ - время счета. Погрешность действительного значения частоты через 2 часа рабочего режима - $\pm 1 \cdot 10^{-8}$ | Стандарт частоты и времени рубидиевый Ч1-2010 (номер в госреестре СИ 51871-12) Частотомер электронно-счетный ЧЗ-66 (номер в госреестре 9273-85) |
| п. 10.2 Определение пределов относительной погрешности измерений коэффициента стоячей волны по напряжению (КСВН) | Рабочий эталон по ГОСТ Р 8.813-2013 - набор мер КСВН: диапазон частот от 0 до 6 ГГц, номинальные значения КСВН от 1,0 до 2,0, предельное отклонение от номинального значения 0,05...0,10 | Набор мер НЗ-2 (номер в госреестре 12494-90) |
| п. 10.3 Определение пределов абсолютной погрешности измерений мощности (при температуре от 20°С до 26°С) | Рабочий эталон единицы мощности по ГПС для СИ мощности электромагнитных колебаний: диапазон частот от 10 МГц до 18ГГц, диапазон измерения мощности от 0,001 до 10 мВт, основная погрешность измерения $\pm 2,5\%$, Рабочий эталон по ГОСТ Р 8.813-2013 - аттенюаторы из набора мер ослабления (коэффициент передачи): диапазон частот от 0 до 18 ГГц, | Ваттметр проходящей мощности МЗ-1810К (номер в госреестре 51263-12) Набор мер НЗ-7 (номер в госреестре 12494-90) |

| Операции поверки, требующие применения средств поверки | Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки | Перечень рекомендуемых средств поверки |
|--|--|--|
| | номинальные значения ослабления 10, 20, 30 дБ, предельное отклонение от номинального значения от 1,0 до 2,5 дБ, Генератор сигналов: диапазон частот от 250 кГц до 40 ГГц, погрешность установки частоты $\pm 2,0 \cdot 10^{-7}$, диапазон установки уровня мощности от -135 до +17 дБм | Генератор сигналов E8257D (номер в госреестре 53941-13) |
| п. 10.4 Определение пределов относительной погрешности измерений уровня средней мощности оптического излучения, на длинах волн калибровки, после прогрева не менее 30 минут | Рабочий эталон по ГПС для СИ длины и времени распространения сигнала в световоде, средней мощности, ослабления и длины волны оптического излучения: диапазон измеряемой средней мощности оптического излучения от 10^{-10} до 10^{-2} Вт, диапазон длин волн исследуемого излучения от 600 нм до 1700 нм, предел допускаемой относительной погрешности измерений средней мощности оптического излучения в рабочем спектральном диапазоне 5 % | Рабочий эталон единицы средней мощности оптического излучения в ВОСП РЭСМ-ВС (номер в госреестре 53225-13) |
| Примечание – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице | | |

6. Требования по обеспечению безопасности проведения поверки

При проведении поверки все средства измерений должны быть заземлены.

При включенном питании запрещается монтаж и демонтаж оборудования, подключение и отключение соединительных кабелей.

7. Внешний осмотр средства измерений

При внешнем осмотре проверить соответствие анализатора следующим требованиям:

- соответствие комплектности документации на анализатор;
- сохранность пломб;
- отсутствие внешних повреждений корпуса и ослабления элементов конструкции;
- сохранность органов управления;
- обеспеченность конструкции ограничением доступа к определенным частям средства измерений в целях предотвращения несанкционированной настройки и вмешательства.

8. Подготовка к проведению поверки и опробование средства измерений

8.1 Во время подготовки к поверке поверитель знакомится с эксплуатационной документацией на анализатор, подготавливает все материалы и средства измерений, необходимые для проведения поверки.

8.2 Перед проведением поверки необходимо провести следующие подготовительные работы:

- провести контроль условий проведения поверки в соответствии с требованиями п. 3,
- проверить срок действия свидетельств о поверке на средства измерений;
- произвести установку и подключение оборудования в соответствии с руководством по эксплуатации на испытываемый анализатор и применяемые средства измерений.

8.3 В соответствии с п.п. 2.3-2.13 руководства по эксплуатации провести опробование (проверку работоспособности) анализатора:

Результаты опробования считать положительными, если при проведении проверки работоспособности не выявлено появление ошибок.

9. Проверка программного обеспечения

Произвести идентификацию программного обеспечения поверяемого анализатора.

- проверить идентификационное наименование программного обеспечения (далее - ПО);

- проверить номер версии ПО.

Указанные проверки провести в соответствии с Р 50.2.077-2014.

Результаты проверки считать положительными, если идентификационное наименование ПО, номер версии ПО соответствуют указанным в описании типа на анализатор.

10. Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

10.1 Определение и подтверждение метрологическим требованиям пределов относительной погрешности установки частоты

10.1.1 Собрать схему поверки, представленную на рисунке 1.

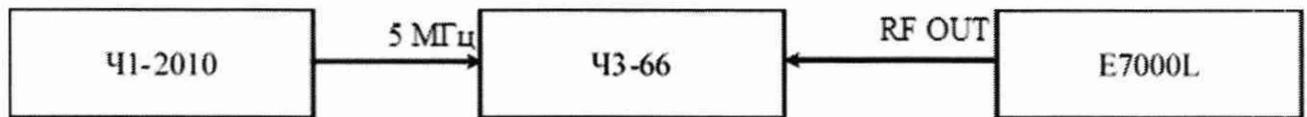


Рисунок 1

10.1.2 В соответствии с руководством по эксплуатации, выполнить прогрев испытываемого анализатора в течение 30 минут и частотомера ЧЗ-66 в течение не менее 2 часов.

10.1.3 Выполнить подготовку к проведению измерений:

- на анализаторе E7000L нажать кнопку на табло «Preset»,
- нажать на экране «Да»,
- нажать на экране «КСВН»,
- нажать на экране «Частота Расстояние»,
- нажать на экране «Нач. частота», на табло установить 2 ГГц,
- нажать на экране «Конечн. част.» и установить на табло 2 ГГц

10.1.4 Измерить установленную на анализаторе частоту частотомером ЧЗ-66 и получить $f_{\text{изм}}$;

10.1.5 Определить относительную погрешность установки частоты по формуле:

$$\delta f = 1 - \frac{f_{\text{изм}}}{2 \cdot 10^9} \quad (1)$$

10.1.6 Результаты поверки считать положительными, если полученные значения относительных погрешностей установки частоты в пределах $\pm 2 \cdot 10^{-6}$.

10.2 Определение пределов относительной погрешности измерений коэффициента стоячей волны по напряжению (КСВН)

10.2.1 Собрать схему поверки, представленную на рисунке 2.

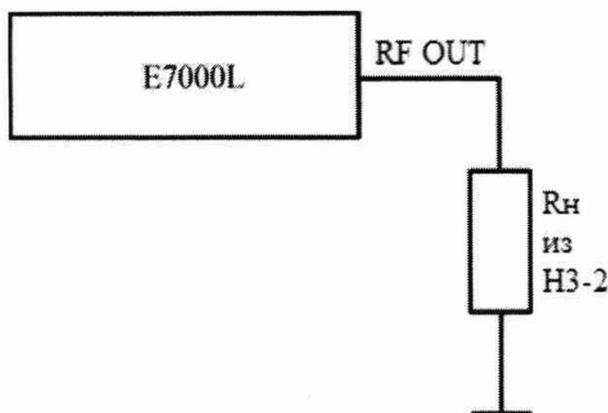


Рисунок 2

10.2.2 Выполнить подготовку к проведению измерений:

- на анализаторе нажать кнопку на табло «Preset», нажать на экране «Да», нажать «Menu»,
- установить «Cable and Antenna»;
- нажать на экране «КСВН»,
- нажать на экране «Маркер», затем «Маркер 1 вкл.» и установить на табло 2 МГц, затем нажать на экране «Маркер 2 вкл.» и установить на табло 1,5 ГГц, затем нажать на экране «Допол. Маркер», нажать «Маркер 3 вкл.» и установить на табло 2 ГГц, далее нажать на экране «Маркер 4 вкл.» и установить на табло 3 ГГц, далее нажать на экране «Маркер 5 вкл.» и установить на табло 4 ГГц;
- нажать на экране «Калибровка», затем нажать на экране «Метод калибр. OSL», далее
- нажать на экране «Нач. калибр.»;
- откалибровать прибор в соответствии с указаниями на экране;
- подключить к разъему «RF OUT» эталонную нагрузку 1,4-1-III из набора НЗ-2 и нажать на экране «Амплитуда», затем «Автомасштаб»;
- нажать на табло кнопку «Sweep», нажать на экране «Усреднение вкл.», затем нажать на экране «Сглаживание вкл.»

10.2.3 Результаты измерений КСВН занести в таблицу 3, в строку $K_{изм}$.

В строку $K_{эт}$. Таблицы 3 записать значения КСВН эталонной нагрузки, взятые из метрологических характеристик нагрузки 1,4-1-III, полученных при ее поверке.

Таблица 3

| $f_{МГц}$ | 2 | 1500 | 2000 | 3000 | 4000 |
|-----------------|---|------|------|------|------|
| $K_{эт}$ | | | | | |
| $K_{изм}$ | | | | | |
| $\delta_{КСВН}$ | | | | | |

Определять относительную погрешность измерения КСВН по формуле:

$$\delta_{КСВН} = \frac{K_{изм} - K_{эт}}{K_{эт}} \times 100\% \quad (2)$$

Занести полученные значения $\delta_{КСВН}$ в таблицу 3.

10.2.4 Повторить те же измерения по п.п. 10.2.2-10.2.3 с нагрузкой 2,0-1-III.

10.2.5 Результаты поверки считать положительными, если полученные значения относительных погрешностей измерений КСВН в пределах $\pm 5\%$.

10.3 Определение диапазона и пределов абсолютной погрешности измерений мощности (при температуре от 20°C до 26°C)

10.3.1 Собрать схему поверки, представленную на рисунке 3.

10.3.2 Проводить измерения при температуре от 20°C до 26°C.

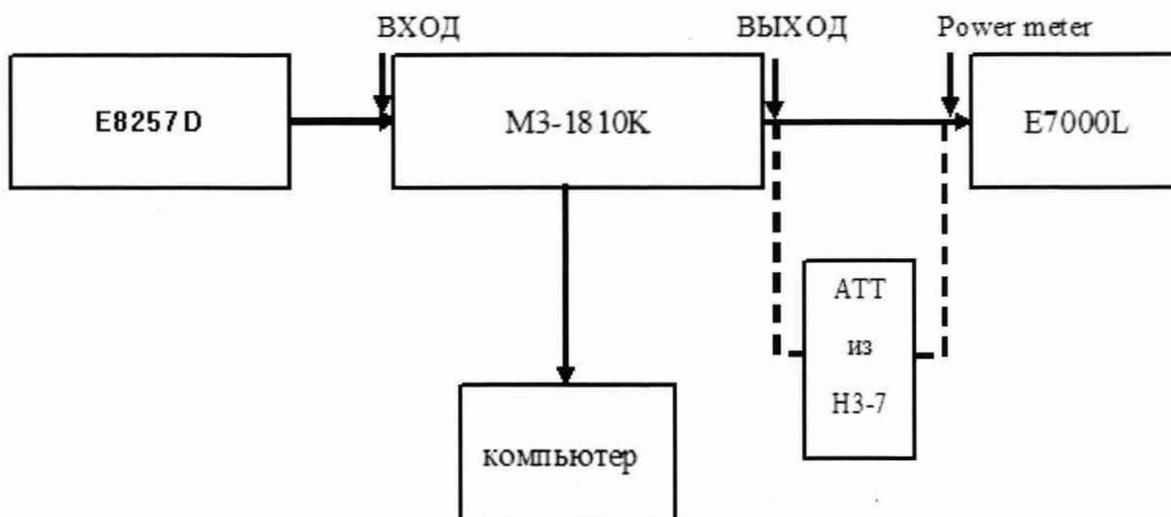


Рисунок 3

10.3.3 Выполнить подготовку к проведению измерений:

- на анализаторе нажать кнопку на табло «Preset», нажать на экране «Да», нажать «Menu», затем нажать на экране «Internal Power Meter»;
- установить на генераторе частоту 20 МГц, уровень Рэт +6дБм;
- плавно изменяя уровень генератора, установить на экране компьютера уровень Рэт 0 дБм с точностью до тысячных долей дБм.

10.3.4 Измерить уровень мощности испытываемым анализатором Ризм, предварительно нажав на экране прибора «Частота» и «Центр. Част. 20МГц».

10.3.5 Повторить измерения по п.п. 10.3.3-10.3.4 на частотах 2ГГц, 4ГГц.

10.3.6 Повторить измерения по п.п. 10.3.3-10.3.5 с аттенюатором 30 дБ из набора НЗ-7.

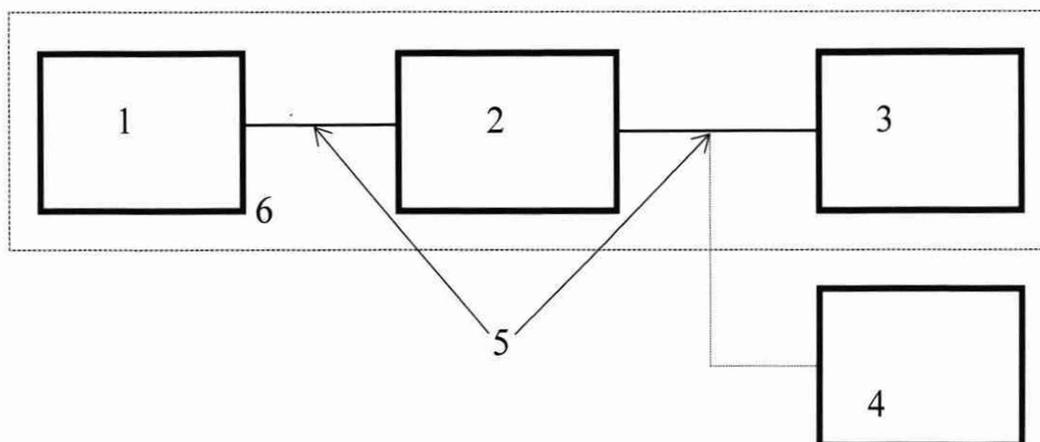
10.3.7 Определять абсолютную погрешность измерений мощности как разность Ризм и Рэт. При использовании эталонного аттенюатора, при расчете погрешности, в качестве Рэт применять значение ослабления, взятые из метрологических характеристик аттенюатора, полученных при поверке эталона НЗ-7.

10.3.8 Результаты поверки считать положительными, если полученные значения абсолютных погрешностей измерений мощности в пределах $\pm 0,5$ дБ.

10.4 Определение на длинах волн калибровки пределов относительной погрешности измерений уровня средней мощности оптического излучения, после прогрева анализатора не менее 30 минут (только для анализаторов с оптическим измерителем мощности)

10.4.1 Собрать схему поверки, представленную на рисунке 4.

10.4.2 Проводить измерения после прогрева испытываемого анализатора не менее 30 минут.



- 1- источник оптического излучения из состава РЭСМ-ВС
- 2- волоконно-оптический аттенюатор из состава РЭСМ-ВС
- 3- волоконно-оптический ваттметр из состава РЭСМ-ВС
- 4- испытываемый прибор
- 5- волоконно-оптический кабель
- 6- РЭСМ-ВС.

Рисунок 4

10.4.3 Установить на волоконно-оптическом ваттметре из состава РЭСМ-ВС длину волны излучения, возможно близкую к длине волны источника оптического излучения из состава РЭСМ-ВС.

10.4.4 Выход оптического аттенюатора подключить к входу волоконно-оптического ваттметра из состава РЭСМ-ВС и регулировкой оптического аттенюатора установить на его выходе мощность, равную максимально измеряемой анализатором +10 дБм.

10.4.5 Провести измерение мощности последовательно волоконно-оптическим ваттметром из состава РЭСМ-ВС (Рэт) и испытываемым анализатором (Ризм).

10.4.6 Повторять измерения мощности последовательно уменьшая мощность, дойдя до минимально измеряемой анализатором -43 дБм.

10.4.7 Определять абсолютную погрешность каждого измерения уровня средней мощности оптического излучения, как разность показаний испытываемого анализатора Ризм и волоконно-оптического ваттметра из состава РЭСМ-ВС Рэт.

10.4.8 Повторить измерения мощности по п.п. 10.4.3-10.4.7 на всех длинах волн калибровки: 850 нм, 1310 нм, 1550 нм.

10.4.9 Результаты поверки считать положительными, если полученные значения погрешностей измерения уровней средней мощности на длинах волн калибровки:

- на 850 нм в пределах $\pm 0,7$ дБм;
- на 1310 нм и 1550 нм в пределах $\pm 0,5$ дБм

Оформление результатов поверки

11.1 При поверке вести протокол произвольной формы.

11.2 Результаты поверки оформляются в соответствии с приказом Минпромторга России от 31.07.2020 г. № 2510.

11.3 При положительных результатах поверки выдается свидетельство о поверке и данные о поверке вносятся в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. При отрицательных результатах поверки средство измерений к применению не допускаются и на него выдается извещение о непригодности с указанием причин забракования.

11.4 Знак поверки может наноситься на заднюю панель анализатора и на свидетельство о поверке.

Главный метролог ООО «КИА»

Е.П. Полин