

СОГЛАСОВАНО

Первый заместитель генерального
директора - заместитель по научной
работе ФГУП «ВНИИФТРИ»



_____ А.Н. Щипунов

_____ 2023 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Смеситель гармонический Keysight 11970V

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 113-23-002

р.п. Менделеево
2023 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1	ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	3
2	ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	3
3	ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ.....	4
4	ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ	4
5	МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ....	4
6	ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ	6
7	ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ.....	6
8	ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	6
9	ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ .	6
10	ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ	8
11	ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ	9

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на смеситель гармонический Keysight 11970V (далее – смеситель), зав. № МУ30034698, изготовленный Keysight Technologies Malaysia Sdn Bhd, и устанавливает методы и средства первичной и периодической поверок.

1.2 Первичной поверке подлежит смеситель до ввода в эксплуатацию и после ремонта. Периодической поверке подлежит смеситель, находящийся в эксплуатации и на хранении. Применяемые при поверке эталоны и средства измерений должны обеспечивать прослеживаемость к ГЭТ 1-2022. «Государственный первичный эталон единиц времени, частоты и национальной шкалы времени» в соответствии с приказом Росстандарта № 2360 от 26.09.2022 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений времени и частоты».

1.3 Поверка смесителя может осуществляться только аккредитованным на проведение поверки в соответствии с законодательством Российской Федерации об аккредитации в национальной системе аккредитации лицом в соответствии с его областью аккредитации.

1.4 При проведении поверки необходимо руководствоваться настоящей методикой и эксплуатационной документацией на смеситель и на используемое при поверке оборудование. Методика поверки реализуется посредством методов прямых измерений.

1.5 В результате поверки должны быть подтверждены метрологические характеристики, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Диапазон частот на входе (RF IN), ГГц	от 50 до 75
Диапазон частот на входе гетеродина (LO IN), ГГц	от 3,55 до 5,33
Номер гармоники для преобразования	14
Диапазон уровня мощности на входе гетеродина (LO IN), дБм	от +14 до +18
Потери коэффициента преобразования при значениях $P_{IN} = 0$ дБм и $P_{LO} = +16$ дБм, дБ	$40 \pm 3,2$

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

2.1 При проведении поверки смесителя должны быть выполнены операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 - Операции поверки

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр	да	да	7
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	да	да	8
Определение метрологических характеристик средства измерений	да	да	9
Определение диапазона частот на входе (RF IN), диапазона частот и диапазона уровня мощности на входе гетеродина (LO IN)	да	да	9.1
Определение номера гармоники для преобразования	да	да	9.2
Определение потерь коэффициента преобразования при значениях $P_{IN} = 0$ дБм и $P_{LO} = +16$ дБм	да	да	9.3
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	да	да	10

2.2 При получении отрицательных результатов по любому пункту таблицы 2 поверяемый смеситель бракуется и направляется в ремонт.

2.3 На основании письменного заявления владельца смесителя допускается проводить периодическую поверку для меньшего числа измеряемых величин, которые используются при эксплуатации по соответствующим пунктам настоящей методики поверки. Данные ограничения должны быть зафиксированы при оформлении результатов поверки.

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться нормальные условия (если не оговорено иное):

- температура окружающего воздуха, °C (K) от +15 до +25 (от 288 до 298);
- относительная влажность окружающего воздуха, % от 30 до 80.

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 Поверка должна осуществляться лицами со средним или высшим техническим образованием, аттестованными в качестве поверителей в области радиотехнических измерений в установленном порядке и имеющим квалификационную группу электробезопасности не ниже второй.

4.2 Перед проведением поверки поверитель должен предварительно ознакомиться с документами «Смесители гармонические Keysight 11970A, 11970V. Руководство по эксплуатации» (далее – РЭ), «Смеситель гармонический Keysight 11970V. Паспорт» (далее – ПС).

4.3 Поверка осуществляется одним специалистом.

5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

5.1 Рекомендуемые средства поверки, в том числе рабочие эталоны и средства измерений, приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Перечень средств поверки

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимым для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 9.1 Определение диапазона частот на входе (RF IN), диапазона частот и диапазона уровня мощности на входе гетеродина (LO IN). п. 9.2 Определение номера гармоники для преобразования. п. 9.3 Определение потерь коэффициента преобразования при значениях $P_{IN} = 0$ дБм и $P_{LO} = +16$ дБм.	Генератор сигналов высокочастотный с диапазоном частот от 50,0 до 75,0 ГГц, с регулируемым уровнем выходной мощности от 0 до 2 мВт Генератор сигналов используемый в качестве гетеродина с диапазоном частот от 3 до 6 ГГц, с уровнем выходной мощности от 14 до 18 дБм Ваттметр проходного типа с диапазоном частот от 50 до 75 ГГц, с уровнем измеряемой мощности от 0 до 2 мВт Эталоны единицы частоты и средства измерений соответствующие требованиям к эталонам не ниже 3 разряда по Государственной поверочной схеме для средств измерений времени и частоты утвержденной приказом Росстандарта №2360 от 26.09.2022 г., с номинальным значением частоты 10 МГц, с пределами допускаемой относительной погрешности по частоте $\pm 2,0 \cdot 10^{-10}$ Анализатор спектра с диапазоном рабочих частот от 5 кГц до 3 ГГц Измеритель влажности и температуры в диапазоне температур от 15°C до 55°C, с диапазоном измерений относительной влажности, от 0 до 99 %, с диапазоном измерений абсолютного давления от 840 до 1060 гПа	Генератор сигналов высокочастотный Г4-141, рег. №6861-78 Генератор сигналов высокочастотный Г4-142, рег. №6890-78 Генератор сигналов RFSG20, рег. №67514-17 Государственный рабочий эталон единицы мощности электромагнитных колебаний в диапазоне значений от 0,1 до 10 мВт в диапазоне частот от 37,5 до 220 ГГц, рег. №3.1.ZZT.0288.2018 Рабочий эталон 3 разряда стандарт частоты и времени рубидиевый Ч1-92, рег. № 62740-15 Анализатор спектра FPC1000, рег. № 68365-17 Измеритель влажности и температуры ИВТМ-7, рег. № 71394-18
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 (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки необходимо соблюдать требования безопасности, регламентируемые правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок, утвержденными приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 15.12.2020 № 903н, а также требования безопасности, приведённые в эксплуатационной документации на измеритель и средства поверки.

6.2 Средства поверки должны быть надежно заземлены в соответствии с эксплуатационной документацией.

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

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 Внешний осмотр смесителя провести визуально без вскрытия, при этом необходимо проверить:

- комплектность, маркировку и пломбировку;
- целостность и чистоту разъемов ВЧ;
- отсутствие видимых повреждений, влияющих на работоспособность смесителя.

7.2 Результаты внешнего осмотра считать положительными, если:

– комплект поставки соответствует п. 3 документа «Паспорт. Смеситель гармонический Keysight 11970V»;

- фирменная наклейка цела;
- ВЧ разъемы не имеют признаков разрушения и загрязнения;
- отсутствуют видимые повреждения, влияющие на работоспособность смесителя.

В противном случае результаты внешнего осмотра считать отрицательными и последующие операции поверки не проводить.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Перед проведением поверки необходимо произвести подготовительные работы, оговоренные в РЭ на смеситель и применяемые средств поверки.

9 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

9.1 Определение диапазона частот на входе (RF IN), диапазона частот и диапазона уровня мощности на входе гетеродина (LO IN)

9.1.1 Определить диапазон частот на входе (RF IN), диапазон частот и диапазон уровня мощности на входе гетеродина (LO IN) в следующей последовательности.

9.1.1. Включить ВЧ генератор и подключить к выходу СВЧ измеритель мощности. Установить уровень мощности (P_{IN}), так, чтоб показания измерителя мощности составляли 1 мВт. Отключить измеритель мощности. Собрать схему измерений в соответствии с рисунком 1.

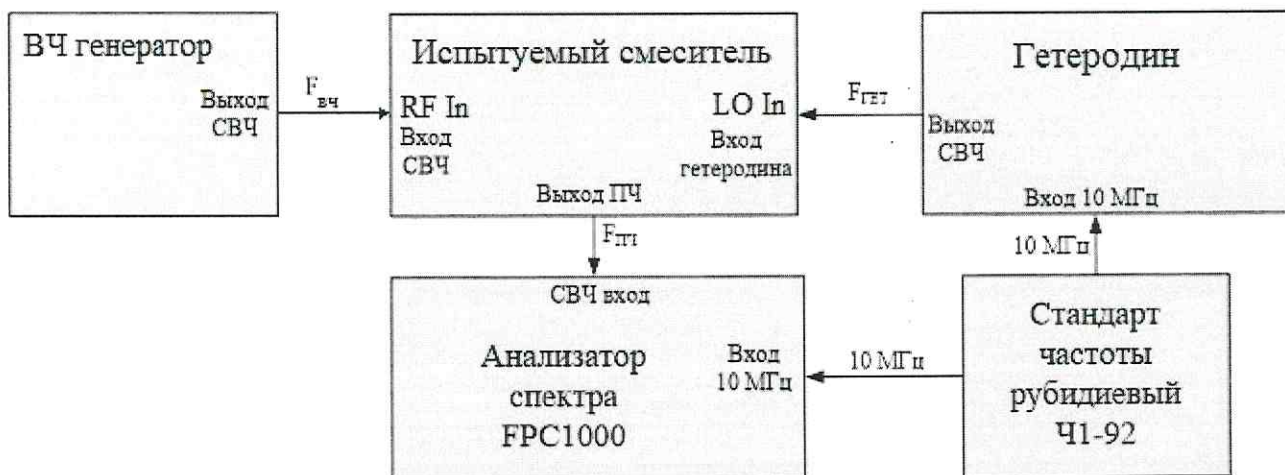


Рисунок 1 - Схема измерений при определении частотного диапазона, номера гармоники и коэффициента преобразования испытуемого смесителя

9.1.1.2 Установить на ВЧ генераторе частоту 50 ГГц. На гетеродине и анализаторе спектра установить частоты в соответствии с таблицей 4.

Таблица 4 – Значения частот устанавливаемые при определении частотного диапазона

Частота ВЧ, ГГц	Частота гетеродина, ГГц	Центральная частота анализатора спектра, МГц	Полоса обзора анализатора спектра, МГц	Полоса пропускания анализатора спектра, Гц
50,0	3,55	300	1	1000
75,0	5,33	380	1	1000

9.1.1.3 Установить уровень мощности на гетеродине $P_{LO}=+16$ дБм.

9.1.1.4 Наблюдать на анализаторе спектра пик. Зафиксировать уровень мощности и частоту наблюдаемого пика в протоколе.

Выключить мощность на ВЧ генераторе и гетеродине.

9.1.1.5 Установить на ВЧ генераторе частоту 75 ГГц. На гетеродине и анализаторе спектра установить частоты в соответствии с таблицей 4.

Включить мощность на ВЧ генераторе и гетеродине.

9.1.1.6 Наблюдать на анализаторе спектра пик. Зафиксировать уровень мощности и частоту наблюдаемого пика в протоколе.

9.1.1.7 Повторить операции п.п. 9.1.1.2 – 9.1.1.6 при уровнях мощности гетеродина (P_{LO}) 14 и 18 дБм. Зафиксировать уровень мощности наблюдаемого пика в протоколе.

9.2 Определение номера гармоники для преобразования

9.2.1 Определить номер гармоники для преобразования в следующей последовательности.

9.2.1.1 Включить ВЧ генератор и подключить к выходу СВЧ измеритель мощности из состава Государственного рабочего эталона единицы мощности электромагнитных колебаний в диапазоне значений от 0,1 до 10 мВт в диапазоне частот от 37,5 до 220 ГГц (далее – измеритель мощности). Установить уровень мощности (P_{IN}), так, чтоб показания измерителя мощности составляли 1 мВт. Отключить измеритель мощности. Собрать схему измерений в соответствии с рисунком 1.

9.2.1.2 Установить на ВЧ генераторе частоту 50 ГГц. На гетеродине и анализаторе спектра установить частоты в соответствии с таблицей 4.

9.2.1.3 Установить уровень мощности на гетеродине $P_{LO}=+16$ дБм.

Наблюдать на анализаторе спектра пик. Зафиксировать частоту f_1 наблюдаемого пика в протоколе.

9.2.1.4 Увеличить частоту гетеродина на 10 Гц. Наблюдать на анализаторе спектра смещение пика. Зафиксировать частоту f_2 в протоколе.

9.2.2 Рассчитать номер гармоники в соответствии с п.10.2.

9.3 Определение потерь коэффициента преобразования при значениях $P_{IN} = 0$ дБм и $P_{LO}=+16$ дБм

9.3.1 Определить потери коэффициента преобразования при значениях $P_{IN}=0$ дБм и $P_{LO}=+16$ дБм в следующей последовательности.

9.3.1.1 Включить ВЧ генератор и подключить к выходу СВЧ измеритель мощности. Установить уровень мощности (P_{IN}), так, чтоб показания измерителя мощности составляли 1 мВт. Отключить измеритель мощности. Собрать схему измерений в соответствии с рисунком 1.

9.3.1.2 Установить уровень мощности на гетеродине $P_{LO}=+16$ дБм.

9.3.1.3 Установить на анализаторе спектра следующие настройки: центральная частота 300 МГц, ширина обзора 1 МГц, полоса пропускания 1 кГц.

9.3.1.4 Установить на ВЧ генераторе частоту 50 ГГц.

На гетеродине установить частоту, рассчитанную по формуле (1):

$$F_{LO} = \frac{F_{IN} - 0,3}{14} \quad (1)$$

где, F_{LO} – частота гетеродина;

F_{IN} – частота на ВЧ генераторе.

9.3.1.5 Наблюдать на анализаторе спектра пик. Зафиксировать уровень мощности $P_{пч}$ в [дБм] наблюдаемого пика в протоколе.

9.3.1.6 Повторить операции п.п. 9.3.1.4 -9.3.1.5 для частот 55; 60; 65; 70 ГГц.

9.3.2 Рассчитать потери коэффициента преобразования в соответствии с п. 10.3.

10 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

10.1 Определение диапазона частот на входе (RF IN), диапазона частот и диапазона уровня мощности на входе гетеродина (LO IN) проводить методом прямых измерений в соответствии с п. 9.1.

Результаты поверки считать положительными, если диапазон частот на входе (RF IN) составил от 50 до 75 ГГц, диапазон частот на входе гетеродина (LO IN) составил от 3,55 до 5,33 ГГц, диапазон уровня мощности на входе гетеродина (LO IN) составил от 14 до 18 дБм.

10.2 Рассчитать номер гармоники по формуле (2):

$$n = \frac{f_2 - f_1}{10} \quad (2)$$

где f_1 и f_2 – частота пика, измеренного в соответствии с п. 9.2.

Результаты поверки считать положительными, если номер гармоники для преобразования $n=14$.

10.3 Рассчитать потери коэффициента преобразования по формуле (3):

$$d = 10 \lg P_{IN} - P_{пч} \quad (3)$$

Результаты поверки считать положительными, если потери коэффициента преобразования при значениях $P_{IN} = 0$ дБм и $P_{LO}=+16$ дБм находятся в пределах $40 \pm 3,2$ дБ.

11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

11.1 Смеситель признается годным, если в ходе поверки все результаты поверки положительные.

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

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

11.4 Знак поверки в виде наклейки наносится на свидетельство о поверке.

11.5 При выполнении сокращенной поверки (на основании решения или заявки на проведение поверки, эксплуатирующей организации) в свидетельстве о поверке указывать диапазон частот, либо отдельные частоты, не выходящие за рабочий частотный диапазон поверяемого смесителя, на которых выполнена поверка.

11.6 Смеситель, 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 отдела 11 НИО-1 ФГУП «ВНИИФТРИ»

Инженер лаборатории 113 НИО-1 ФГУП «ВНИИФТРИ»



О.В. Каминский

И.П. Чирков

О.А. Коновалова