

УТВЕРЖДАЮ

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

А.Н. Щипунов

2020 г.



Государственная служба обеспечения единства измерений
Приемники измерительные N9048В, N9038А, N9038В

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

651-20-076 МП

р.п. Менделеево

2020 г.

1 ВВОДНАЯ ЧАСТЬ

1.1 Настоящая методика поверки (далее - МП) устанавливает методы и средства первичной и периодической поверки приемников измерительных N9048B, N9038A, N9038B (далее – приемники), изготавливаемых компанией «Keysight Technologies Malaysia Snd. Bhd.» , Малайзия, находящихся в эксплуатации, а также после хранения и ремонта.

1.2 Интервал между поверками 1 (один) год.

2 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

2.1 При проведении поверки приемников должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

| Наименование операции | Номер пункта МП | Проведение операции при | |
|---|-----------------|-------------------------|-----------------------|
| | | первичной поверке | периодической поверке |
| Внешний осмотр | 8.1 | да | да |
| Проверка соответствия программного обеспечения (ПО) | 8.2 | да | да |
| Опробование | 8.3 | да | да |
| Определение метрологических характеристик | 8.4 | да | да |
| Определение относительной погрешности воспроизведения частоты опорного генератора | 8.4.1 | да | да |
| Определение погрешности измерения уровня при переключении полосы пропускания | 8.4.2 | да | да |
| Определение среднего уровня собственных шумов | 8.4.3 | да | да |
| Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики | 8.4.4 | да | да |
| Определение абсолютной погрешности измерения уровня мощности на опорной частоте | 8.4.5 | да | да |
| Определение абсолютной погрешности измерений мощности при переключении входного аттенюатора | 8.4.6 | да | да |
| Определение уровня фазовых шумов | 8.4.7 | да | да |
| Определение относительного уровня помех, обусловленных гармоническими искажениями второго порядка | 8.4.8 | да | да |
| Определение относительного уровня помех, обусловленных интермодуляционными искажениями третьего порядка | 8.4.9 | да | да |

Продолжение таблицы 1

| | | | |
|---|--------|----|----|
| Определение коэффициента ослабления на частотах зеркальных каналов, промежуточных частотах и частотах других побочных каналов | 8.4.10 | да | да |
| Определение погрешности выполнения амплитудного соотношения квазипикового детектора | 8.4.11 | да | да |
| Определение относительных импульсных характеристик измерительных приемников с детекторами пиковых и квазипикового значений, среднеквадратичных и квазипиковых значений, средних и квазипиковых значений | 8.4.12 | да | да |

2.2 Допускается проведение поверки меньшего числа измеряемых величин или на меньшем числе поддиапазонов измерений, которые используются при эксплуатации по соответствующим пунктам настоящей методики поверки. Соответствующая запись должна быть сделана в свидетельстве о поверке на основании заявления владельца средства измерения.

3 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки используют средства измерений и вспомогательное оборудование, представленное в таблице 2.

Таблица 2

| Номер пункта МП | Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки |
|--|--|
| 1 | 2 |
| 8.4.1 | Частотомер универсальный 53230А с опцией 106, (диапазон частот от 0 до 6 ГГц, пределы допускаемой относительной погрешности измерений частоты $\pm 2 \cdot 10^{-7}$) Стандарт частоты рубидиевый FS725 (пределы допускаемой относительной погрешности воспроизведения частоты 5, 10 МГц $\pm 5 \cdot 10^{-11}$) |
| 8.4.2, 8.4.5, 8.4.6, 8.4.7, 8.4.8, 8.4.9, 8.4.10 | Генератор сигналов E8257D с опциями 567, UNY: диапазон частот от 250 кГц до 67 ГГц, пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты $7,5 \cdot 10^{-8}$ |
| 8.4.9, 8.4.11, 8.4.12 | Генератор сигналов N5173B: диапазон частот от 9 кГц до 40 ГГц, минимальная ширина импульсного модулирующего сигнала 20 нс, частота повторения импульсов от 0 до 10 МГц |
| 8.4.4 | Генератор сигналов сложной/произвольной формы 81160А: диапазон частот от 1 мГц до 500 МГц, пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты $\pm 1,3 \cdot 10^{-5}$ |
| 8.4.11 | Осциллограф MSOS254А, полоса пропускания 2,5 ГГц, пределы допускаемой погрешности измерений напряжения $\pm 2,0 \%$ |

Продолжение таблицы 2

| 1 | 2 |
|------------------------|---|
| 8.4.4, 8.4.5, 8.4.6 | Преобразователь измерительный термоэлектрический ваттметра поглощаемой мощности N8487A, диапазон рабочих частот от 10 МГц до 50 ГГц, диапазон измеряемой мощности от -35 дБм до +20 дБм, погрешность измерения мощности 0,8 - 4,0 % |
| 8.4.4 | Блок измерительный ваттметра N1914A |
| 8.4.4 | Мультиметр цифровой 34465A диапазон измерений напряжения от 0,1 В до 1000 В, погрешность измерений напряжения $\pm (3 \cdot 10^{-5} \cdot U_{\text{изм}} + 4 \cdot 10^{-6}$ диапазона), где $U_{\text{изм}}$ – измеренное значение напряжения |

3.2 Допускается использовать аналогичные средства поверки, которые обеспечат измерения соответствующих параметров с требуемой точностью.

3.3 Средства поверки должны быть исправны, поверены и иметь свидетельства о поверке.

4 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

4.1 Поверка должна осуществляться лицами со среднетехническим образованием или высшим образованием, аттестованными в качестве поверителей в установленном порядке и имеющим квалификационную группу электробезопасности не ниже третьей.

4.2 Перед проведением поверки поверитель должен предварительно ознакомиться с руководством по эксплуатации и документацией по поверке.

5 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

5.1 При проведении поверки необходимо соблюдать требования безопасности, регламентируемые Межотраслевыми правилами по охране труда (правила безопасности) ПОТ Р М-016-2001, РД 153-34.0-03.150-00, а также требования безопасности, приведённые в эксплуатационной документации анализатора и средств поверки.

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

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

6 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С 23±5;
- относительная влажность воздуха, % от 30 до 80;
- атмосферное давление, кПа от 84 до 106;

6.2 При отрицательных результатах поверки по любому из пунктов таблицы 1 приемник бракуется и направляется в ремонт.

7 ПОДГОТОВКА К ПРОВЕДЕНИЮ ПОВЕРКИ

7.1 Проверить наличие эксплуатационной документации и срок действия свидетельств о поверке на средства поверки.

7.2 Подготовить средства поверки к проведению измерений в соответствии с руководством по эксплуатации СИ.

8 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

8.1 Внешний осмотр

8.1.1 При проведении внешнего осмотра приемника 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.

8.1.2 Проверку комплектности проводить сличением действительной комплектности с данными, приведенными в эксплуатационной документации.

8.1.3 Результаты внешнего осмотра считать положительными, если:

- если выполняются требования, перечисленные в пунктах 8.1.1 и 8.1.2.

8.1.4 Приемник, не удовлетворяющий положительным критериям внешнего осмотра, признается непригодным к применению.

8.2 Проверка соответствия программного обеспечения (ПО)

8.2.1 Войти в меню «System», «More 1/2», выбрать «System Info». На экране анализатора должны отобразиться идентификационные данные анализатора и версия установленного ПО.

8.2.2 Результаты поверки считать положительными, если процедура самопроверки проходит успешно, идентификационные данные ПО соответствуют идентификационным данным, приведённым в таблице 3

Таблица 3.

| Идентификационные данные (признаки) | Значение |
|---|----------------------------------|
| Наименование ПО | ПО для ЭМС приемников |
| Идентификационное наименование ПО | EMI Receiver Instrument Software |
| Номер версии (идентификационный номер) ПО | Версия не ниже A.24.63 |
| Цифровой индикатор ПО (контрольная сумма исполняемого кода) | - |
| Алгоритм вычисления цифрового идентификатора ПО | - |

В противном случае результат идентификации ПО считать отрицательным и приемник признается непригодным к применению.

8.3 Опробование

8.3.1 Подключить поверяемый приемник к сети питания и включить его согласно РЭ.

8.3.2 Убедиться в возможности установки режимов измерений и настройки основных параметров и режимов измерений приемника.

8.3.3 Результаты опробования считать положительными, если при включении отсутствуют сообщения о неисправности и поверяемый приемник позволяет менять настройки параметров и режимы работы.

В противном случае результаты опробования считать отрицательными и приемник признается непригодным к применению.

8.4 Определение метрологических характеристик

8.4.1 Определение относительной погрешности воспроизведения частоты опорного генератора

8.4.1.1 Собрать схему измерений в соответствии с рисунком 1.



Рисунок 1

8.4.1.2 Измерить частоту сигнала $f_{\text{ИЗМ}}$ при помощи частотомера, зафиксировать Относительную погрешность по частоте (δf) вычислить по формуле (1):

$$\delta f = \frac{f_{\text{ИЗМ}} - f_{\text{НОМ}}}{f_{\text{НОМ}}}, \quad (1)$$

где $f_{\text{НОМ}}$ - номинальное значение частоты опорного генератора, Гц;
 $f_{\text{ИЗМ}}$ - измеренное частотомером значение частоты, Гц.

8.4.1.3 Результаты поверки считать положительными, если значение относительной погрешности частоты воспроизведения частоты опорного генератора не превышает $\pm 1 \cdot 10^{-6}$.

В противном случае результаты поверки считать отрицательными и приемник признается непригодным к применению.

8.4.2 Определение погрешности измерения уровня при переключении полосы пропускания

8.4.2.1 Для определения погрешности измерений уровня при переключении полос пропускания необходимо подключить к выходу RF1 приемника СВЧ генератор E8257D. Подать сигнал с частотой 50 МГц, установить уровень сигнала минус 25 дБм.

8.4.2.2 На панели приемника нажать клавишу INPUT/OUTPUT : RF Calibrator : 50 MHz. После этого выбрать центральную частоту измерений 50 МГц и установить полосу пропускания 30 кГц и зафиксировать измеренное значение уровня (опорный уровень), нажав клавиши [Peak Search] [Marker] -> Delta. Изменяя значения полос пропускания и устанавливая значение RBW в соответствии с значениями, указанными в ОТ (нажимая каждый раз клавишу [Peak Search]) фиксировать значение погрешности измерений уровня.

8.4.2.3 Определить погрешность измерения уровня из-за переключения полос пропускания как разницу между измеренными приемником значениями уровня для всех значений полос пропускания и значением опорного уровня.

8.4.2.4 Результаты поверки считать положительными, если значение погрешности измерений уровня при переключении полос пропускания находятся в пределах, указанных в описании типа.

В противном случае результаты поверки считать отрицательными и приемник признается непригодным к применению

8.4.3 Определение среднего уровня собственных шумов



Рисунок 2

8.4.3.1 Уровень собственных шумов ($P_{сш}$) приемника (рисунок 2), измерять в полосе пропускания 1 кГц при отсутствии сигнала на входе прибора. Измерения уровня производить с усреднением показаний отсчетных устройств прибора при установлении ослабления входного аттенюатора 0 дБ и подключении на вход приемника согласованной нагрузки 50 Ом.

8.4.3.2 Установить на приемнике следующие значения параметров, последовательно нажимая клавиши:

Mode, Spectrum Analyzer, Mode Preset
FREQ Channel, Center Freq. 10 MHz
SPAN X Scale, 70, dBm
AMPTD Y Scale, Attenuation, Atten, 0, dB
BW, Res BW, 1, kHz
BW, Video BW, 100, Hz
Meas Setup, Average/Hold, Number, 20, Enter
Trace/Detector, Trace Average
Single

Для управления включением/выключением предусилителя, преселектора и МШУ последовательно нажимать клавиши:

AMPTD, Signal Path, LNA On - для МШУ;
AMPTD, Signal Path, Internal Preamp On - для предусилителя;
AMPTD, Signal Path, Presel On - для преселектора.

8.4.3.3 Нажать клавишу Restart и дождаться установления значения Average/Hold равным 20/20.

8.4.3.4 Нажать клавиши View/Display, Display/ Display Line, On.

8.4.3.5 Вращая ручку управления испытуемого приемника установить линию дисплея на среднее значение отображаемой на экране дисплея амплитуды.

8.4.3.6 Нормализовать полученное значение уровня сигнала к полосе пропускания 1 Гц путем прибавления к полученному значению минус 30 дБ. Например, если измеренное значение соответствует минус 126 дБм, то нормализованное значение соответственно будет минус 156 дБм.

8.4.3.7 Повторить измерения для каждого из значений частот, приведенных в таблицах 4 и 5, а так же на крайних и средних частотах приведенных там же диапазонов частот.

8.4.3.8 Результаты поверки считать положительными, если уровень собственных шумов приемников не превышают значений, приведенных в таблицах 4 и 5. В противном случае приемник признается непригодным к применению.

Таблица 4

| Средний уровень собственных шумов, приведенных к 1Гц, в диапазоне частот, дБ относительно 1 мВт, не более | N9038A, N9038B | | | | |
|---|----------------|-------|-------|-------|------|
| | преселектор | выкл. | выкл. | вкл. | вкл. |
| | предусилитель | выкл. | вкл. | выкл. | вкл. |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 20 Гц | | -97 | – | -92 | – |
| 100 Гц | | -106 | – | -101 | – |
| 1 кГц | | -118 | – | -114 | -119 |
| 9 кГц | | -119 | – | -118 | -143 |
| 100 кГц | | -131 | -144 | -130 | -154 |
| 1 МГц | | -150 | -162 | – | – |
| от 1 до 2 МГц | | – | – | – | -166 |
| от 1 до 3 МГц | | – | – | -147 | – |
| от 2 до 30 МГц | | – | – | – | -158 |
| от 3 до 30 МГц | | – | – | -150 | – |
| от 30 до 300 МГц | | – | – | -151 | – |
| от 30 до 600 МГц | | – | – | – | -159 |
| от 300 до 600 МГц | | – | – | -153 | – |
| от 600 до 800 МГц | | – | – | – | -157 |
| от 600 МГц до 1 ГГц | | – | – | -151 | – |
| от 800 МГц до 1 ГГц | | – | – | – | -158 |
| от 1 до 2 ГГц | | – | – | -150 | -156 |
| от 2 до 2,5 ГГц | | – | – | -1523 | – |
| от 2,00 до 2,75 ГГц | | – | – | – | -160 |
| от 2,5 до 3,0 ГГц | | – | – | -151 | – |
| от 2,75 до 3,60 ГГц | | – | – | – | -157 |
| от 3,0 до 3,6 ГГц | | – | – | -148 | – |
| от 10 МГц до 2,1 ГГц | | -150 | -163 | – | – |
| от 2,1 до 3,6 ГГц | | -148 | -161 | – | – |
| от 3,5 до 8,4 ГГц | | -148 | -164 | -148 | -164 |
| опция 544 | | | | | |
| от 8,3 до 13,6 ГГц | | -147 | -162 | -147 | -162 |
| от 13,5 до 17,1 ГГц | | -141 | -160 | -141 | -160 |
| от 17,0 до 20,1 ГГц | | -142 | -158 | -142 | -158 |
| от 20,0 до 26,5 ГГц | | -135 | -155 | -135 | -155 |
| от 26,4 до 34,5 ГГц | | -141 | -156 | -141 | -156 |
| от 34,4 до 44,0 ГГц | | -135 | -150 | -135 | -150 |

Таблица 5

| Средний уровень собственных шумов, приведенных к 1Гц, на частотах и в диапазоне частот, дБ относительно 1 мВт, не более | N9048B | |
|---|--------------|------|
| | Опции | |
| | 503,508, 526 | 544 |
| 1 | 2 | 3 |
| Предусилитель и преселектор выключен | | |
| 20 Гц | -120 | -115 |
| 100 Гц | -125 | -125 |

Продолжение таблицы 5

| 1 | 2 | 3 |
|---|------|------|
| 1 кГц | -130 | -130 |
| от 9 до 150 кГц | -142 | -142 |
| от 150 кГц до 1 МГц | -153 | -153 |
| от 1 МГц до 1 ГГц | -154 | -154 |
| от 1 до 2,5 ГГц | -152 | -151 |
| от 2,5 до 3,6 ГГц | -148 | -148 |
| от 3,5 до 8,4 ГГц | -153 | -149 |
| от 8,3 до 13,6 ГГц | -152 | -150 |
| от 13,5 до 18 ГГц | -150 | -147 |
| от 18 до 25 ГГц | -146 | -144 |
| от 25 до 26,5 ГГц | -143 | -142 |
| от 26,4 до 34,5 ГГц | – | -142 |
| от 34,4 до 40,0 ГГц | – | -137 |
| от 40,0 до 42,0 ГГц | – | -135 |
| от 42 до 44 ГГц | – | -133 |
| Преселектор выключен, предусилитель включен, МШУ выключен | | |
| от 100 кГц до 1 МГц | -157 | -157 |
| от 1 до 10 МГц | -165 | -165 |
| от 10 МГц до 1 ГГц | -165 | -165 |
| от 1 до 3,6 ГГц | -161 | -161 |
| от 3,5 до 8,4 ГГц | -164 | -162 |
| от 8,3 до 13,6 ГГц | -164 | -164 |
| от 13,5 до 26,5 ГГц | -160 | -160 |
| от 26,4 до 34,5 ГГц | – | -158 |
| от 34,4 до 42,0 ГГц | – | -155 |
| от 42,0 до 43,0 ГГц | – | -151 |
| от 43,0 до 44,0 ГГц | – | -149 |
| Преселектор выключен, предусилитель включен или выключен, МШУ включен | | |
| от 30 до 50 МГц | -161 | -161 |
| от 50 до 150 МГц | -165 | -165 |
| от 150 МГц до 2 ГГц | -167 | -167 |
| от 2 до 3,6 ГГц | -164 | -164 |
| Преселектор включен, предусилитель выключен | | |
| 20 Гц | -120 | -115 |
| 100 Гц | -125 | -125 |
| 1 кГц | -130 | -130 |
| от 9 до 100 кГц | -141 | -141 |
| от 100 до 150 кГц | -142 | -142 |
| от 150 до 500 кГц | -149 | -149 |
| от 500 кГц до 30 МГц | -153 | -153 |
| от 30 МГц до 1 ГГц | -154 | -154 |
| от 1 до 1,7 ГГц | -156 | -156 |
| от 1,7 до 2,5 ГГц | -153 | -153 |
| от 2,5 до 3,6 ГГц | -151 | -151 |
| от 3,5 до 8,4 ГГц | -153 | -149 |
| от 8,3 до 13,6 ГГц | -152 | -150 |
| от 13,5 до 18 ГГц | -150 | -147 |

Продолжение таблицы 5

| 1 | 2 | 3 |
|---|------|------|
| от 18 до 25 ГГц | -146 | -144 |
| от 25 до 26,5 ГГц | -143 | -142 |
| от 26,4 до 34,5 ГГц | – | -142 |
| от 34,4 до 40,0 ГГц | – | -137 |
| от 40,0 до 42,0 ГГц | – | -135 |
| от 42,0 до 44,0 ГГц | – | -133 |
| Преселектор включен, предусилитель включен, МШУ выключен | | |
| 1 кГц | -145 | -145 |
| от 9 до 100 кГц | -160 | -160 |
| от 100 до 1 МГц | -160 | -160 |
| от 1 МГц до 30 МГц | -163 | -163 |
| от 30 МГц до 1 ГГц | -164 | -164 |
| от 1 до 1,7 ГГц | -165 | -165 |
| от 1,7 до 2,5 ГГц | -164 | -164 |
| от 2,5 до 3,6 ГГц | -161 | -161 |
| от 3,5 до 8,4 ГГц | -164 | -162 |
| от 8,3 до 13,6 ГГц | -164 | -164 |
| от 13,5 до 26,5 ГГц | -160 | -160 |
| от 26,4 до 34,5 ГГц | – | -158 |
| от 34,4 до 42,0 ГГц | – | -155 |
| от 42,0 до 43,0 ГГц | – | -151 |
| от 43,0 до 44,0 ГГц | – | -149 |
| Преселектор включен, предусилитель включен или выключен, МШУ включен | | |
| от 30 до 50 МГц | -163 | -163 |
| от 50 до 100 МГц | -165 | -165 |
| от 100 до 150 МГц | -166 | -166 |
| от 150 МГц до 2 ГГц | -166 | -166 |
| от 2 до 3,6 ГГц | -165 | -165 |
| Преселектор включен или выключен, предусилитель выключен, МШУ включен | | |
| от 3,5 до 8,4 ГГц | -165 | -163 |
| от 8,3 до 13,6 ГГц | -164 | -164 |
| от 13,5 до 19,0 ГГц | -163 | -162 |
| от 19,0 до 22,0 ГГц | -161 | -160 |
| от 22,0 до 26,5 ГГц | -157 | -157 |
| от 26,4 до 34,5 ГГц | – | -155 |
| от 34,4 до 40,0 ГГц | – | -149 |
| от 40,0 до 42,0 ГГц | – | -149 |
| от 42,0 до 43,0 ГГц | – | -146 |
| от 43,0 до 44,0 ГГц | – | -146 |
| Преселектор включен или выключен, предусилитель включен, МШУ включен | | |
| от 3,5 до 8,0 ГГц | -167 | -165 |
| от 8,0 до 13,6 ГГц | -166 | -166 |
| от 13,5 до 19,0 ГГц | -163 | -165 |
| от 19,0 до 22,0 ГГц | -165 | -164 |
| от 22,0 до 26,5 ГГц | -164 | -163 |
| от 26,4 до 34,5 ГГц | -163 | -160 |
| от 34,4 до 40,0 ГГц | – | -158 |

Продолжение таблицы 5

| 1 | 2 | 3 |
|---------------------|---|------|
| от 40,0 до 42,0 ГГц | – | -158 |
| от 42,0 до 43,0 ГГц | – | -156 |
| от 43,0 до 44,0 ГГц | – | -149 |

8.4.4 Определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики

8.4.4.1 Подключить к выходу генератора ваттметр поглощаемой мощности СВЧ. Выполнить установки на генераторе: частота 50 МГц, уровень выходного сигнала минус 10 дБм. считать показания ваттметра L_{P50} МГц. Далее подключить к выходу генератора испытуемый приемник. Измерить в режиме анализатора уровень сигнала Δ_{M50} МГц. Вычислить погрешность измерения опорного значения уровня приемником на частоте 50 МГц по формуле:



Рисунок 4

8.4.4.2 Для определения неравномерности АЧХ в диапазоне частот от 1 Гц до 300 кГц используется генератор сигнала произвольной формы 81160А и мультиметр 34465А. На генераторе выставить уровень выходного сигнала минус 10 дБм. (рисунок 4) С помощью мультиметра произвести измерения уровня выходного сигнала генератора на частотах 3, 50, 100, 500 Гц, 1, 5, 10, 50, 100, 300 кГц. Результаты измерения L_P зафиксировать в рабочем журнале. Затем вместо мультиметра включить измерительный приемник. Для каждой из ранее перечисленных частот считать показания приемника Δ_M , вычислить неравномерность амплитудно-частотной характеристики приемника по формуле:

$$\Delta_{АЧХ} = \Delta_M - L_P - Ref_{50\text{МГц}}, \text{ дБ}$$

8.4.4.3 Для определения неравномерности АЧХ в частотном диапазоне выше 300 кГц использовать генератор E8257D, два ваттметра поглощаемой мощности СВЧ N8487A и делитель мощности для соответствующего диапазона частот. Схема измерительной установки согласно рисунку 5. На генераторе установить уровень выходного сигнала минус 10 дБм. Ваттметры поглощаемой мощности на рисунке 5 обозначены как ИП1 и ИП2. Произвести измерение уровня выходного сигнала генератора на выходе делителя мощности $L_{ИП1} = k * L_{ИП2}$, (где k – коэффициент деления делителя) в диапазоне частот до 44 ГГц. Затем вместо ваттметра ИП1 включить измерительный приемник (рисунок 6). Повторить измерения уровня выходного сигнала генератора с помощью приемника Δ_M . Рассчитать неравномерность АЧХ по формуле:

$$\Delta_{АЧХ} = \Delta_M - L_{ИП1} - Ref_{50\text{МГц}}, \text{ дБ}$$

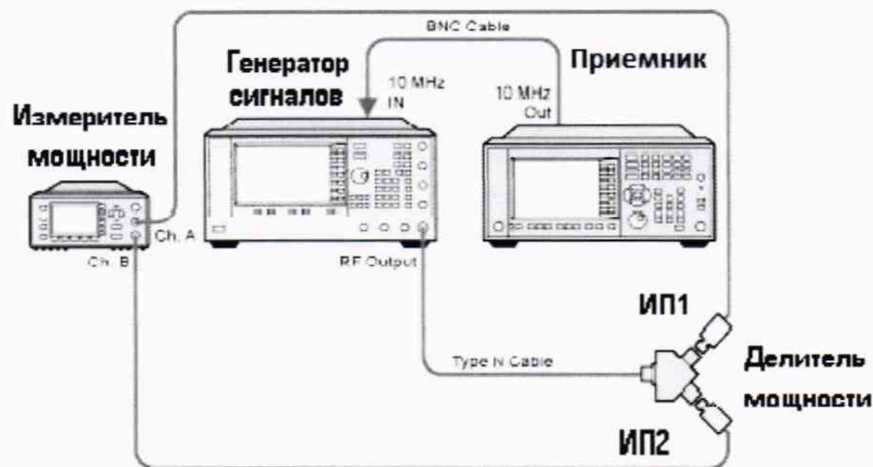


Рисунок 5

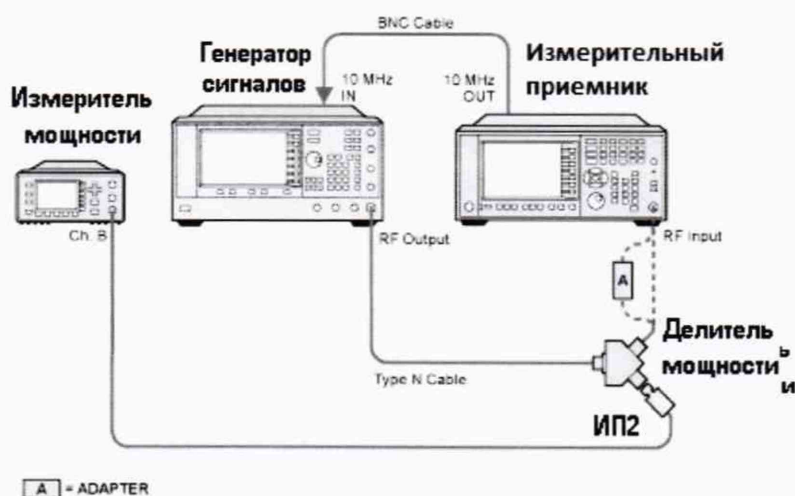


Рисунок 6

8.4.4.5 Для определения неравномерности АЧХ с включенным предусилителем использовать аттенюатор с ослаблением 20 дБ, который подключается к выходу делителя мощности как показано на рисунке 7.

8.4.4.6 Результаты поверки считаются положительными, если значения неравномерности АЧХ приемника не превышают значений, указанных в описании типа. В противном случае приемник признается непригодным к применению.

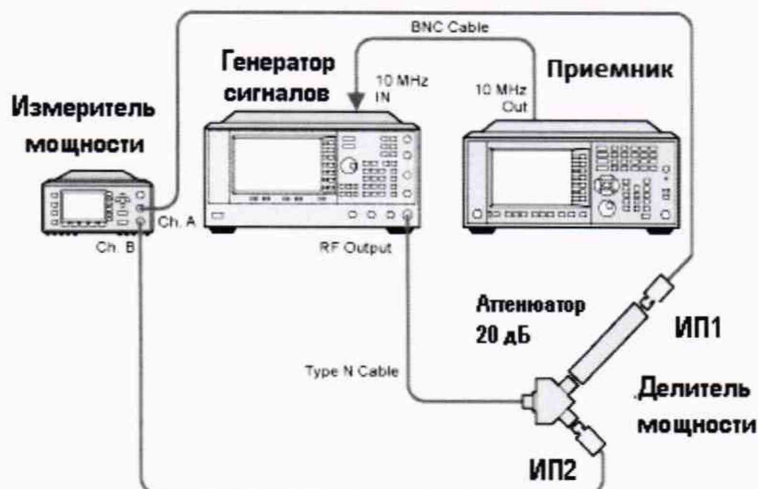


Рисунок 7

8.4.5 Определение абсолютной погрешности измерения уровня мощности на опорной частоте

8.4.5.1 Абсолютную погрешность измерений уровня гармонического сигнала определять при помощи ваттметра поглощаемой мощности СВЧ для одного уровня входного сигнала.

8.4.5.2 Подготовить к работе измеритель мощности согласно РЭ. На генераторе установить сигнал с частотой 50 МГц, уровень минус 10 дБм и измерить значение мощности с помощью ваттметра (рисунок 8). Показания ваттметра записать в рабочий журнал.

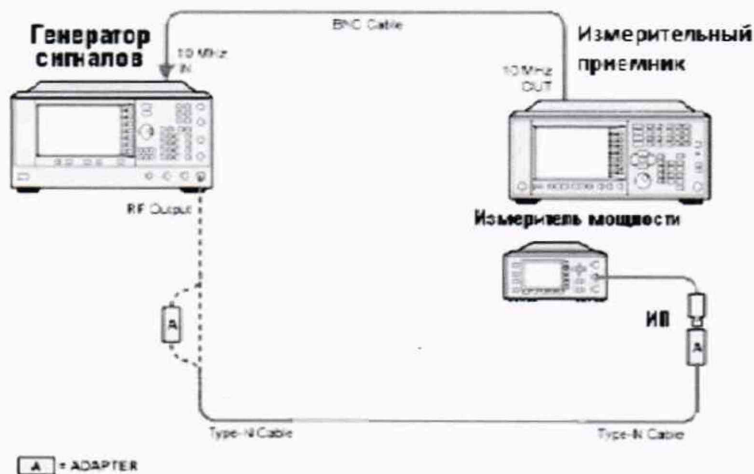


Рисунок 8

8.4.5.3 Отсоединить измеритель мощности и подключить измерительный приемник согласно рисунку 9.

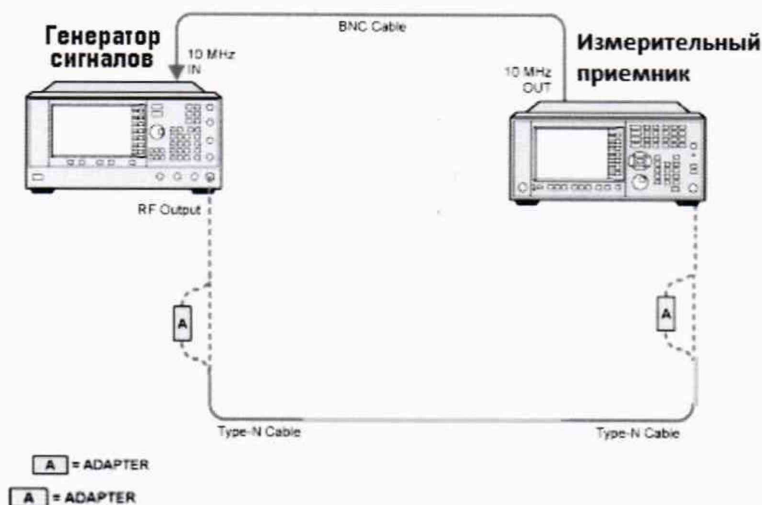


Рисунок 9

8.4.5.4 На измерительном приемнике установить центральную частоту 50 МГц, преселектор выключить, предусилитель выключить или включить, ослабление входного аттенюатора 10 дБ, установить полосу пропускания 1 кГц и полосу обзора 100 кГц. Нажать

Маркер-> Поиск пика, Маркер->Дельта. Для получения устойчивого результата измерения установить режим усреднения путем нажатия клавиш Trace и Trace Average. Произвести измерение уровня входного сигнала с помощью измерительного приемника.

8.4.5.5 Вычислить абсолютную погрешность измерений уровня как разность между значением мощности, измеренной при помощи испытуемого приемника и установленной при помощи генератора и ваттметра.

8.4.5.5 Результаты поверки считать положительными, если погрешность измерения уровня не превышает для входов 1 и 2 соответственно 0,3 дБ и 0,35 дБ. В противном случае приемник признается непригодным к применению.

8.4.6 Определение абсолютной погрешности измерений мощности при переключении входного аттенюатора

8.4.6.1 Для определения абсолютной погрешности измерения уровня при переключении входного аттенюатора приемника собрать схему измерений в соответствии с рисунком 9.

8.4.6.2 Установить следующие параметры приемника:

- Центральная частота 50 МГц;
- Полоса обзора 100 кГц;
- Опорный уровень минус 10 дБм;
- Ослабление внутреннего аттенюатора 0 дБ;
- Полоса пропускания 1 кГц;
- Полоса видеофильтра 100 Гц;
- остальные параметры по умолчанию.

8.4.6.3 Установить следующие значения параметров генератора сигналов: значение частоты выходного сигнала 50 МГц, значение уровня мощности выходного сигнала минус 25 дБм(по показаниям ваттметра).

8.4.6.4 Нажать на приемнике клавишу «Peak» (Поиск пика), зафиксировать опорное значение.

8.4.6.5 Вычислить погрешность измерений уровня мощности, как разность между показанием приемника и показанием ваттметра.

8.4.6.6 Повторить пункты 8.4.6.4-8.4.6.5 при значениях ослабления входного аттенюатора приемника 10 и 20 дБ.

8.4.6.7 Установить опорный уровень приемника 20 дБм и изменить уровень выходного сигнала генератора так, чтобы показания измерителя мощности были равны минус 5 дБм.

8.4.6.8 Повторить пункт 8.4.6.4-8.4.6.5 при значениях ослабления входного аттенюатора приемника 30, 40, 50, 60 и 70 дБ.

8.4.6.9 Результаты поверки считать положительными, если диапазон ослаблений входного аттенюатора составляет 0 до 70 дБ, значения абсолютной погрешности измерения мощности при переключении входного аттенюатора находятся в пределах $\pm 0,2$ дБ.

В противном случае приемник признается непригодным к применению.

8.4.7 Определение уровня фазовых шумов

8.4.7.1 Измерение фазового шума проводить с помощью генератора E8257D с гарантированным пониженным уровнем фазовых шумов по схеме представленной на рисунке 10.

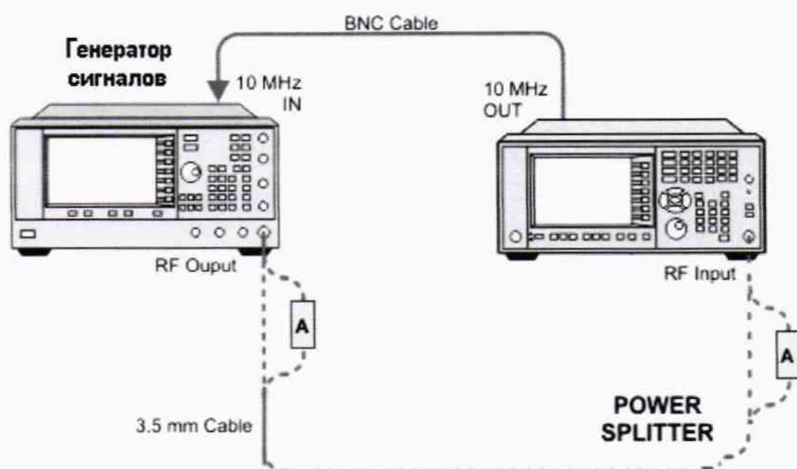


Рисунок 10

8.4.7.2 Установить следующие значения параметров генератора сигналов: значение частоты выходного сигнала 1 ГГц, значение уровня выходного сигнала 0 дБм.

8.4.7.3 Установить опорный уровень приемника 10 дБм центральную частоту 1 ГГц, полосу обзора 20 кГц, полосу пропускания 1 кГц.

8.4.7.4 Установить уровень выходного сигнала генератора так, чтобы его значение соответствовало опорному уровню приемника.

8.4.7.5 Выбрать режим приемника Peak Search (Поиск пика), и Delta Marker (Дельта маркер), запустить усреднение по 10 измерениям и выбрать Single Sweep в меню Sweep (однократная развёртка).

8.4.7.6 Снять показание Дельта маркера при отстройке частоты на 100 Гц и минус 100 Гц, как уровень фазового шума при отстройке частоты на 100 Гц и минус 100 Гц, соответственно. Нормализовать полученное значение уровня сигнала к полосе пропускания 1 Гц путём прибавления к полученному значению минус 30 дБ. Внести результат измерений уровня фазового шума анализатора в таблицу 7.

8.4.7.7 Провести измерения уровня фазового шума, устанавливая значения параметров приемника в соответствии с таблицей 7.

Таблица 7 – Значение уровня фазового шума

| | | | | | |
|--|--|------|------|------|------|
| Частота отстройки, кГц | 0,1 | 1,0 | 10 | 100 | 1000 |
| Полоса обзора, кГц | 0,2 | 2,0 | 20 | 200 | 2000 |
| Результат измерений уровня фазового шума приемника, дБн/Гц | | | | | |
| Частота несущей, ГГц | Допускаемое значение фазовых шумов, дБн/Гц, не более | | | | |
| 1 | -91 | -109 | -113 | -116 | -134 |

8.4.7.8 Результаты поверки считать положительными, если уровень фазового шума не превышает допустимых значений, приведенных в таблице 7. В противном случае приемник признается непригодным к применению.

8.4.8 Определение относительного уровня помех, обусловленных гармоническими искажениями второго порядка

8.4.8.1 Соединить оборудование в соответствии с рисунком 11.

8.4.8.2 На приемнике установить входное ослабление 9 дБ, нажатием клавиш AMPTD, Attenuation, Atten, 9 dB.

8.4.8.3 При измерении уровня второй гармоники необходимо использовать фильтры нижних частот, соответствующие частоте несущей. Подать на вход приемника

гармонический сигнал частотой f_1 и измерить по отсчетному устройству уровень помехи на частоте $2f_1$.

8.4.8.4 Измерения проводить в диапазоне частот от 10 МГц до 22 ГГц.

Таблица 8

| Гармонические искажения второго порядка, входной аттенюатор 6 дБ | | | | | |
|--|----|----------------------|----|----------------------|----|
| N9038A | | N9048B | | | |
| | | Опции 503,508,526 | | Опция 544 | |
| предусилитель выключен, преселектор выключен | | | | | |
| 1 | | 2 | | 3 | |
| от 10 МГц до 1,0 ГГц | 12 | от 10 до 500 МГц | 54 | от 10 до 500 МГц | 53 |
| от 1,0 до 1,8 ГГц | 15 | от 0,5 до 1,8 ГГц | 45 | от 0,5 до 1,8 ГГц | 44 |
| от 1,8 до 6,8 ГГц | 16 | от 1,8 до 4,0 ГГц | 60 | от 1,8 до 4,0 ГГц | 58 |
| от 1,8 до 3 ГГц (опция 544) | 16 | от 4,0 до 11,0 ГГц | 65 | от 4,0 до 11,0 ГГц | 62 |
| от 3 до 6,8 ГГц (опция 544) | 15 | от 11,0 до 13,25 ГГц | 65 | от 11,0 до 13,25 ГГц | 65 |
| от 6,8 до 11,0 ГГц | 15 | от 13,2 до 17,25 ГГц | - | от 13,2 до 17,25 ГГц | 63 |
| от 11,0 до 13,25 ГГц | 10 | от 17,2 до 22,0 ГГц | - | от 17,2 до 22,0 ГГц | 54 |
| от 13,2 до 22,0 ГГц (опция 544) | 10 | | | | |
| предусилитель выключен, преселектор включен | | | | | |
| от 10 до 30 МГц | 47 | от 10 до 30 МГц | 45 | от 10 до 30 МГц | 45 |
| от 30 до 500 МГц | 57 | от 30 до 500 МГц | 54 | от 30 до 500 МГц | 54 |
| от 500 МГц до 1 ГГц | 45 | от 0,5 до 1 ГГц | 70 | от 0,5 до 1 ГГц | 70 |
| от 1 до 1,6 ГГц | 58 | от 1 до 1,6 ГГц | 62 | от 1 до 1,6 ГГц | 62 |
| от 1,6 до 1,8 ГГц | 46 | от 1,6 до 1,8 ГГц | 70 | от 1,6 до 1,8 ГГц | 70 |
| от 1,8 до 6,8 ГГц | 65 | от 1,8 до 4,0 ГГц | 60 | от 1,8 до 4,0 ГГц | 58 |
| от 1,8 до 3 ГГц (опция 544) | 58 | от 4,0 до 11,0 ГГц | 65 | от 4,0 до 11,0 ГГц | 62 |
| от 3 до 6,8 ГГц (опция 544) | 60 | от 11,0 до 13,25 ГГц | 65 | от 11,0 до 13,25 ГГц | 65 |
| от 6,8 до 11 ГГц | 55 | от 13,2 до 17,25 ГГц | - | от 13,2 до 17,25 ГГц | 63 |
| от 11 до 13,25 ГГц | 50 | от 17,2 до 22,0 ГГц | - | от 17,2 до 22,0 ГГц | 54 |
| от 13,2 до 22 ГГц (опция 544) | 44 | | | | |

8.4.8.5 Результаты поверки считать положительными, если уровень помех не превышает значений, указанных в таблице 8 В противном случае приемник признается непригодным к применению.

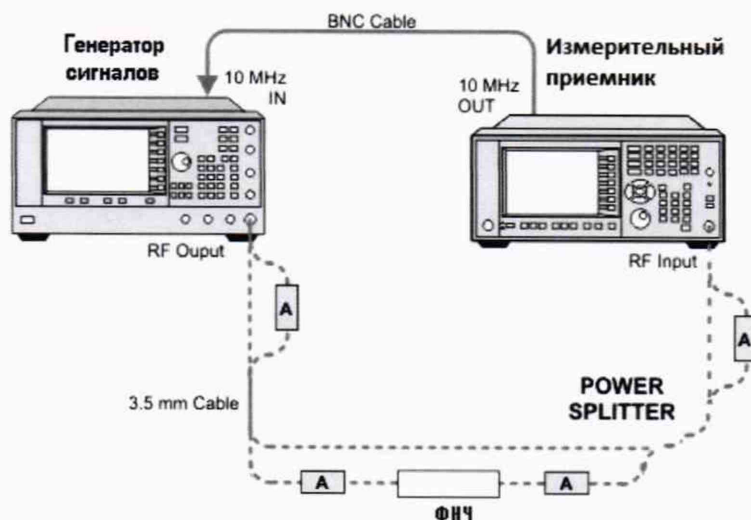


Рисунок 11

8.4.9 Определение относительного уровня помех обусловленных интермодуляционными искажениями третьего порядка.

8.4.9.1 Относительный уровень помех, обусловленных интермодуляционными искажениями третьего порядка определить путем подачи на вход измерительного приемника двух гармонических сигналов уровнем $L_{\text{смес}} =$ минус 14 дБм или минус 45 дБм (при включенном предусилителе) с частотами f_1 и f_2 и измерения приемником относительного уровня помех, возникших на частотах $2f_1-f_2$ и $2f_2-f_1$ (схема измерительной установки представлена на рисунке 12).

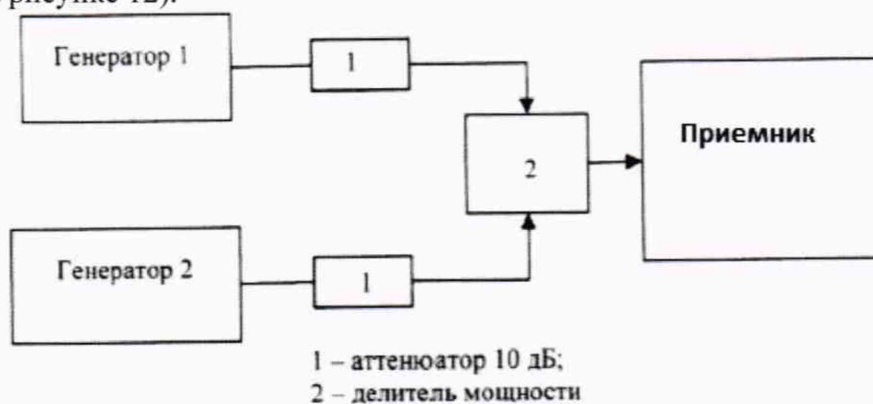


Рисунок 12

8.4.9.2 Измерения проводить в диапазоне частот от 10 МГц до 22 ГГц. Установить разницу между частотами f_1 и f_2 генераторов 1 МГц, то есть обеспечить разнесение сигналов более 5-кратной ширины полосы фильтра ПЧ. Установить ослабление входного аттенюатора приемника 0 дБ. Измерения проводить в начале, середине и конце диапазонов частот, указанных в таблице 8.

8.4.9.3 Результаты поверки считать положительными, если уровень помех, обусловленных интермодуляционными искажениями третьего порядка $TOI = (2 * L_{\text{смес}} - L_{\text{изм}}) / 2$, не превышает значений, указанных в таблице 9. В противном случае приемник признается непригодным к применению.

Таблица 9

| Интермодуляционные искажения третьего порядка при двух сигналах минус 14 дБм, разнесением сигналов более 5-кратной ширины полосы фильтра ПЧ, аттенюатор 4 дБ | | | | | |
|--|------|--|------|---------------------|------|
| N9038A | | N9048B | | | |
| | | Опции 503,508,526 | | Опция 544 | |
| предусилитель выключен, преселектор выключен | | предусилитель выключен, преселектор выключен | | | |
| 1 | | 2 | | 3 | |
| от 10 до 100 МГц | 12 | от 10 до 100 МГц | 12 | от 10 до 100 МГц | 12 |
| от 100 до 400 МГц | 15 | от 100 до 400 МГц | 15 | от 100 до 400 МГц | 12 |
| от 0,4 до 1,7 ГГц | 16 | от 0,4 до 1,7 ГГц | 17 | от 0,4 до 1,7 ГГц | 17 |
| от 1,7 до 3,6 ГГц | 16 | от 1,7 до 3,6 ГГц | 15 | от 1,7 до 3,6 ГГц | 15 |
| от 3,5 до 8,4 ГГц | 15 | от 3,5 до 8,4 ГГц | 16 | от 3,5 до 8,4 ГГц | 16 |
| от 8,3 до 13,6 ГГц | 15 | от 8,3 до 13,6 ГГц | 12 | от 8,3 до 13,6 ГГц | 9 |
| от 13,5 до 26,5 ГГц | 10 | от 13,5 до 26,5 ГГц | --- | от 13,5 до 26,5 ГГц | 11 |
| от 26,5 до 44 ГГц | 10 | от 26,5 до 44 ГГц | --- | от 26,5 до 44 ГГц | 6 |
| предусилитель выключен, преселектор включен | | предусилитель выключен, преселектор включен | | | |
| от 10 до 30 МГц | 12 | от 10 до 30 МГц | 13,5 | от 10 до 30 МГц | 12,5 |
| от 30 до 1000 МГц | 12,5 | от 30 до 1000 МГц | 15 | от 30 до 1000 МГц | 14,5 |
| от 1,0 до 1,5 ГГц | 12,5 | от 1,0 до 1,5 ГГц | 16 | от 1,0 до 1,5 ГГц | 16 |
| от 1,5 до 3,6 ГГц | 12,5 | от 1,5 до 3,6 ГГц | 17 | от 1,5 до 3,6 ГГц | 17 |
| от 3,5 до 8,4 ГГц | 15 | от 3,5 до 8,4 ГГц | 15 | от 3,5 до 8,4 ГГц | 15 |
| от 8,3 до 13,6 ГГц | 15 | от 8,3 до 13,6 ГГц | 16 | от 8,3 до 13,6 ГГц | 16 |
| от 13,5 до 26,5 ГГц | 10 | от 13,5 до 26,5 ГГц | 12 | от 13,5 до 26,5 ГГц | 9 |
| от 26,5 до 44 ГГц | 10 | от 26,5 до 34,5 ГГц | --- | от 26,5 до 34,5 ГГц | 11 |
| | | от 34,4 до 44,0 ГГц | --- | от 34,4 до 44,0 ГГц | 6 |
| предусилитель включен, преселектор включен | | | | | |
| от 10 до 30 МГц | -9 | | | | |
| от 30 до 1000 МГц | -9 | | | | |
| от 1,0 до 2,0 ГГц | -4 | | | | |
| от 2,0 до 3,6 ГГц | -6 | | | | |

8.4.10 Определение коэффициента ослабления на частотах зеркальных каналов, промежуточных частотах и частотах других побочных каналов

8.4.10.1 Определение коэффициента ослабления на вышеуказанных частотах проводят методом прямых измерений с помощью генератора сигналов E8257D.

8.4.10.2 Схема измерительной установки представлена на рисунке 10. Установить выходной уровень сигнала генератора 0 дБм, частоту выходного сигнала из таблицы 10. Выполнить следующие установки испытываемого приемника в режиме АС:

- Центральная частота $F_{изм}$ из таблицы 10;
- Полоса обзора 1,3 ГГц;
- Опорный уровень минус 30 дБм;
- Ослабление внутреннего аттенюатора 0 дБ;
- Полоса пропускания 3 кГц;

Установить маркер приемника на максимум сигнала нажатием клавиш MARKER: Peak

8.4.10.3 Провести измерения на остальных частотах, указанных в таблице 10

Интервал между частотами $F_{изм}$ должен быть не более чем 1,3 ГГц, тем самым обеспечивая перекрытие всего диапазона частот измерительного приемника от 1 Гц до 44 ГГц.

Таблица 10

| | |
|--|---|
| Частота $F_{изм}$, установленная на генераторе, МГц | Центральная частота, установленная на измерительном приемнике $F_{изм}$, МГц |
| частота зеркального канала: $F_{изм} + 2 \cdot F_{пр}$ | $1 \cdot 10^{-6} - 44000$, с шагом не более 1,3 ГГц |
| промежуточная частота: $F_{пр}$ | |
| побочные каналы: $(1/m) \cdot (n \cdot F_{гет} \pm F_{пр})$ и $(1/k) \cdot F_{изм}$, где m, n, k - целые числа; $F_{гет}$ - частота местного гетеродина; $F_{пр}$ - промежуточная частота; $F_{изм}$ - частота настройки. | |

8.4.10.4 Результаты поверки считать положительными, если действительные значения коэффициентов ослабления на частотах зеркального канала, промежуточных частотах и частотах других побочных каналов не превышают минус 75 дБ относительно несущей. В противном случае приемник признается непригодным к применению.

8.4.11 Определение погрешности выполнения амплитудного соотношения квазипикового детектора

8.4.11.1 В соответствии с ГОСТ CISPR 16-1-1 - 2016 для определения амплитудного соотношения квазипикового детектора приемника в полосе А (9 - 150 кГц) ко входу приемника через тройник подключить генератор сигналов N5173B (выход VIDEO OUT 50 Ом) и осциллограф с входным сопротивлением 50 Ом.

На генераторе установить частоту повторения импульсов 25 Гц, длительность импульса 1,35 мкс. По осциллографу установить амплитуду импульса 2,5 В, что соответствует площади импульса 3,375 мкВ*с.

На приемнике установить режим приемника, сопряжение входа по постоянному току, частоту 100 кГц и режим измерения квазипикового детектора. Зафиксировать измеренное значение $Q_{(3,375\text{мкВ*с})}$.

Вычислить показания приемника при подаче на его вход импульсов с площадью 13,5 мкВ*с по формуле:

$$Q_{(13,5\text{мкВ*с})} = Q_{(3,375\text{мкВ*с})} + 12 \text{ дБ},$$

где поправка 12 дБ = $20 \cdot \lg(13,5 \text{ мкВ*с} / 3,375 \text{ мкВ*с})$

Для определения амплитудного соотношения в диапазонах В (150 кГц - 30 МГц) и C/D (30 - 300 МГц/300 МГц - 1 ГГц) ко входу приемника подключить генератор сигналов. На генераторе установить режим импульсной модуляции с частотой следования импульсов 100 Гц и длительностью 1 мкс, частоту и уровень (уровень контролировать по осциллографу) установить в соответствии с таблицей 11.

Таблица 11

| Диапазон | Частота, МГц | Уровень |
|----------|--------------|---------|
| В | 25 | 0,316 |
| С | 250 | 0,044 |
| Д | 900 | 0,044 |

На приемнике установить режим приемника, сопряжение входа по постоянному току, частоту 100 кГц и режим измерения квазипикового детектора. Поочередно настраивая приемник на частоты 25,01, 250,01, 900,01 МГц, провести измерения уровня. Добавить к показаниям поправку 3 дБ.

8.4.11.2 Результаты поверки по данному пункту считать положительными, если показания приемника лежат в пределах $66 \text{ дБ/мкВ} \pm 1,5 \text{ дБ}$ для всех диапазонов частот. В противном случае приемник признается непригодным к применению.

8.4.12 Определение относительных импульсных характеристик измерительных приемников с детекторами пиковых и квазипикового значений, среднеквадратичных и квазипиковых значений, средних и квазипиковых значений

8.4.12.1 Отношение показаний приемников с детекторами пикового и квазипикового значений

Подключить вход приемника RF1 к выходу Video OUT генератора N5173B. Установить частоту приемника 50 кГц. (средняя частота для диапазона 9 – 150 кГц). Установить для приемника режим измерения импульсного напряжения одновременно детекторами пикового и квазипикового значений. Установить на выходе генератора режим импульсной модуляции. Длительность импульса 5 мкс. Частота повторения импульсов 25 Гц.

Записать показания пикового детектора U_P и квазипикового детектора U_{QP} для частот повторения импульсов и средних частот диапазонов, согласно таблице 12.

Рассчитать соотношение Δ по формуле:

$$\Delta = U_P - U_{QP}$$

Результаты поверки считать положительными, если значения Δ соответствуют значениям, указанным в таблице 12

Таблица 12

| Полоса частот, МГц | Отношение показаний приемников с детекторами пикового и квазипикового значений, дБ для частот повторения импульсов | |
|--------------------|--|----------|
| | 25 Гц | 100 Гц |
| 0,009 – 0,15 | 6,1±1,5 | - |
| 1 | 2 | 3 |
| 0,15 – 30 | - | 6,6±1,5 |
| 30 – 1000 | - | 12,0±1,5 |

8.4.12.2 Отношение показаний приемников с детекторами квазипикового значений и среднеквадратического значений

Подготовить генератор и приемник к работе согласно п. 8.4.12.1. Установить на приемнике режим измерения импульсного напряжения одновременно детекторами среднеквадратического и квазипикового значений.

Записать показания среднеквадратичного детектора U_{RMS} и квазипикового детектора U_{QP} для частот повторения импульсов и средних частот диапазонов, согласно таблице 13.

Рассчитать соотношение Δ по формуле:

$$\Delta = U_{RMS} - U_{QP}$$

Результаты поверки считать положительными, если значения Δ соответствуют значениям, указанным в таблице 13.

Таблица 13

| Полоса частот, МГц | Отношение показаний приемников с детекторами квазипикового и среднеквадратического значений, дБ для частот повторения импульсов | |
|--------------------|---|----------|
| | 25 Гц | 100 Гц |
| 0,009 – 0,15 | 4,2±1,5 | - |
| 0,15 – 30 | - | 14,3±1,5 |
| 30 – 1000 | - | 20,1±1,5 |

8.4.12.3 Отношение показаний приемников с детекторами квазипикового и среднего значений

Подготовить генератор и приемник к работе согласно п. 8.4.12.1. Установить на приемнике режим измерения импульсного напряжения одновременно детекторами квазипикового и среднего значений.

Измерения проводить на средних частотах диапазонов частот согласно таблице 16. Для диапазона частот 0,15 – 30 МГц частота повторения импульсов 500 Гц, длительность импульса 0,5 мкс. Для диапазона частот 30 – 1000 МГц частота повторения импульсов 5000 Гц, длительность импульса 50 нс.

Записать показания квазипикового детектора U_{QP} и детектора среднего значений U_{CP} для частот повторения импульсов и средних частот диапазонов, согласно таблице 14.

Рассчитать соотношение Δ по формуле:

$$\Delta = U_{QP} - U_{CP}$$

Результаты поверки считать положительными, если значения Δ соответствуют значениям, указанным в таблице 14.

Таблица 14

| Полоса частот, МГц | Отношение показаний приемников с детекторами квазипикового и среднего значений, дБ для частот повторения импульсов | | | | |
|--------------------|--|--------|----------|---------|----------|
| | 25 Гц | 100 Гц | 500 Гц | 1000 Гц | 5000 Гц |
| 0,009 – 0,15 | 12,4±1,5 | - | - | - | - |
| 0,15 – 30 | - | - | 22,9±1,5 | - | - |
| 30 – 1000 | - | - | - | - | 26,3±1,5 |

9 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

9.1 Результаты поверки средств измерений подтверждаются сведениями о результатах поверки средств измерений включенными в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. По заявлению владельца средства измерений, и (или) лица, представившего его на поверку, на средство измерений наносится знак поверки, и (или) выдается свидетельство о поверке средств измерений, и (или) в паспорт (формуляр) средства измерений вносится запись о проведенной поверке, заверяемая подписью поверителя и знаком поверки, с указанием даты поверки, или выдается извещение о непригодности к применению средств измерений.

Начальник НИО-1
ФГУП «ВНИИФТРИ»



О.В. Каминский