

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ГЦИ СИ ФГУ

«СНИИИ Минобороны России»

С.И. Донченко

2011 г.



Инструкция

Станция радиоконтроля спутниковых служб радиосвязи стационарная

РАД СпРМ

Методика поверки

г.р.46280-И

г. Мытищи,
2011 г.

1 ВВЕДЕНИЕ

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на станцию радиоконтроля спутниковых служб радиосвязи стационарную РАД СпРМ (далее – станцию) заводской № 001, изготовленную Обществом с ограниченной ответственностью Научно-производственной фирмой «Радиан-М» (ООО НПФ «Радиан-М»), г. Москва, Обществом с ограниченной ответственностью «Лаборатория защиты информации» (ООО «ЛЗИ»), г. Санкт-Петербург, Обществом с ограниченной ответственностью «ВТФ-Плюс» (ООО «ВТФ-Плюс»), г. Воронеж и устанавливает порядок и объем ее первичной и периодической поверки.

1.2 Интервал между поверками – 1 год.

2 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

2.1 При поверке выполняют операции, представленные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта документа по поверке	Проведение операции при	
		первичной поверке (после ремонта)	периодической поверке
1 Внешний осмотр	8.1	+	+
2 Опробование	8.2	+	+
3 Определение пределов допускаемой абсолютной погрешности измерений частоты сигналов	8.3	+	+
4 Определение пределов допускаемой относительной погрешности измерений ширины полосы частот по заданному уровню	8.4	+	+
5 Определение пределов допускаемой относительной погрешности измерений отношения мощности сигнала к мощности шума в полосе сигнала	8.5	+	+
6 Определение допускаемой относительной погрешности измерений плотности потока мощности	8.6	+	+
7 Определение коэффициента преобразования (КП) станции	8.7	+	+
8 Определение пределов допускаемой относительной погрешности измерений КП	8.8	+	-
9 Определение КП облучателей станции	8.9	+	+
10 Определение точки компрессии КП 1 дБ	8.10	+	-

3 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

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

Таблица 2

№ пункта методики поверки	Эталонные СИ, испытательное оборудование и вспомогательная аппаратура
8.3, 8.4, 8.10	Анализатор спектра E4402B (диапазон частот от 9 кГц до 3 ГГц, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений отношения уровней $\pm 0,8$ дБ).
8.3, 8.4, 8.5, 8.10	Генератор сигналов СВЧ R&S SMR40 (диапазон частот от 10 МГц до 40 ГГц, выходная мощность до 0,1 Вт, относительная нестабильность частоты не более 10^{-6} , пределы допускаемой абсолютной погрешности установки выходной мощности ± 1 дБ).
8.3, 8.4, 8.6, 8.10	Анализатор спектра E4402B (диапазон частот от 9 кГц до 3 ГГц, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений отношения уровней $\pm 0,8$ дБ).
8.3, 8.4	Стандарт частоты рубидиевый FS725 (пределы допускаемой относительной погрешности воспроизведения частоты $\pm 5 \cdot 10^{-11}$, среднее квадратическое значение напряжения выходного синусоидального сигнала частотой 5 МГц, 10 МГц от 0,3 до 0,5 В).
8.5	Генератор шума 346 А (диапазон частот от 0,01 до 18 ГГц, пределы допускаемой абсолютной погрешности генерируемого уровня СПМШ (при доверительной вероятности 0,9) в диапазоне частот от 1,5 до 7 ГГц $\pm 0,20$ дБ, в диапазоне частот от 7 до 18 ГГц $\pm 0,27$ дБ, КСВН выхода (в диапазоне частот от 0,3 до 5 ГГц) $\pm 1,15$, (в диапазоне частот от 5 до 18 ГГц) $\pm 1,25$, не более).
8.5	Аттенюаторы Agilent 8494B (диапазон частот от 10^{-4} до 17,44 ГГц, диапазон ослабления от 0 до 11 дБ, пределы допускаемой абсолютной погрешности установки ослабления в диапазоне частот от 10^{-4} до 12,4 ГГц $\pm 0,6$ дБ, в диапазоне частот от 12,4 до 17,44 ГГц $\pm 0,9$ дБ, КСВН входа не более 1,9).
8.5	Аттенюаторы Agilent 8496B (диапазон частот от 10^{-4} до 17,44 ГГц, диапазон ослабления от 0 до 110 дБ, пределы допускаемой абсолютной погрешности установки ослабления в диапазоне частот от 10^{-4} до 12,4 ГГц $\pm (0,5-3,3)$ дБ, в диапазоне частот от 12,4 до 17,44 ГГц $\pm (0,6-4,4)$ дБ, КСВН входа не более 1,9).
8.5	Измеритель мощности E4419B (диапазон частот от 0,01 до 18 ГГц, диапазон измерения средней мощности от минус 60 до 20 дБм, пределы допускаемой относительной погрешности в диапазоне измерения мощности (от минус 60 до минус 10 дБм) $\pm 6\%$).
8.6, 8.7, 8.8, 8.9	Комплекс антенный измерительный спутниковых служб радиосвязи РАД АИК КиС (диапазоны рабочих частот от 3,4 до 4,2 ГГц и от 10,7 до 12,75 ГГц, коэффициент преобразования не менее 95 дБ; пределы допускаемой относительной погрешности измерений коэффициента преобразования ± 2 дБ).
8.7, 8.10	Антенна измерительная П6-23М (диапазон частот от 0,85 до 17,44 ГГц, эффективная площадь не менее 50 см ² , пределы допускаемой относительной погрешности эффективной площади $\pm 0,8$ дБ, КСВН входа антенны не более 1,8).

3.2 Допускается использование других средств измерений и вспомогательного оборудования, имеющих метрологические и технические характеристики не хуже характеристик приборов, приведенных в таблице 2.

3.3 Применяемые средства поверки должны быть исправны, поверены и иметь действующие свидетельства о поверке (отметки в формулярах или паспортах).

4 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

4.1 К проведению поверки станции допускаются лица, имеющие высшее или среднее специальное образование, квалификационную группу по электробезопасности не ниже 4 с напряжением до 1000 В, прошедшие инструктаж по технике безопасности при работе с электронным измерительно-испытательным оборудованием, и опыт практической работы.

5 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

5.1 При проведении поверки должны быть соблюдены требования безопасности, предусмотренные «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей», «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей», а также изложенные в руководстве по эксплуатации на приборы, в технической документации на применяемые при поверке рабочие эталоны и вспомогательное оборудование.

6 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

6.1 Поверку проводить при следующих условиях:

- для используемых антенных устройств в соответствии с руководствами по эксплуатации на них:

- температура окружающего воздуха, °С 20±5;
- относительная влажность воздуха, % 65±15;
- атмосферное давление, мм рт. ст. 750±30;
- напряжение питания, В..... 220±10;
- частота, Гц..... 50±0,5;

- для испытываемой станции и ее составных элементов:

- температура окружающего воздуха, °С от 5 до 40;
- относительная влажность воздуха при температуре 25 °С, % до 80;
- атмосферное давление, мм рт. ст. от 630 до 795;
- напряжение питания, В..... 220±20;
- частота, Гц 50±0,5.

7 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

7.1 Перед проведением поверки необходимо выполнить следующие подготовительные работы:

- выдержать приборы в условиях, указанных в п. 6.1, в течение 1 ч;
- выполнить операции, оговоренные в руководстве по эксплуатации на поверяемый прибор по его подготовке к поверке;
- выполнить операции, оговоренные в технической документации на применяемые средства поверки по их подготовке к измерениям;
- осуществить предварительный прогрев приборов для установления их рабочего режима.

8 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

8.1 Внешний осмотр

8.1.1 При проведении внешнего осмотра установить соответствие станции следующим требованиям:

- наличие маркировки, подтверждающей тип и заводской номер;

- наружная поверхность элементов станции не должна иметь следов механических повреждений, которые могут влиять на работу антенны станции ее облучателей;
- присоединительные разъемы должны быть чистыми;
- соединительные провода должны и СВЧ кабельные сборки быть исправными;
- комплектность станции должна соответствовать указанной в технической документации изготовителя.

8.1.2 Результаты внешнего осмотра считать положительными, если комплектность станции соответствует требованиям ТД, внешний вид станции соответствует требованиям п. 8.1.1.

8.2 Опробование

8.2.1 Подготовить станцию к работе в соответствии с технической документацией изготовителя. Проверить работоспособность элементов наведения антенны станции по азимуту и углу места, надежность фиксации выбранного направления.

8.2.2 Результаты опробования считать положительными, если элементы наведения антенны станции работоспособны, прием радиочастотных сигналов обеспечивается, при загрузке СПО станции отсутствуют сообщения об ошибках.

8.3 Определение пределов допускаемой абсолютной погрешности измерений частоты сигналов

8.3.1 Определение пределов допускаемой абсолютной погрешности измерений частоты сигналов проводится методом сличения показаний, отображаемых в ПО станции $f_{изм}$, с показаниями эталонного средства измерений $f_{действ}$. В качестве эталонного средства измерения применить анализатор спектра E4402B и подать на опорный генератор сигнал со стандарта частоты рубидиевого FS725. В качестве источника сигналов применить генератор сигналов СВЧ R&S SMR40. Измерения проводить на частотах 2,1 ГГц (С-диапазон) и 11,0 ГГц (Ku-диапазон) не менее трех раз в следующей последовательности.

8.3.2 Подключить средства измерений по схеме, изображенной на рисунке 1.

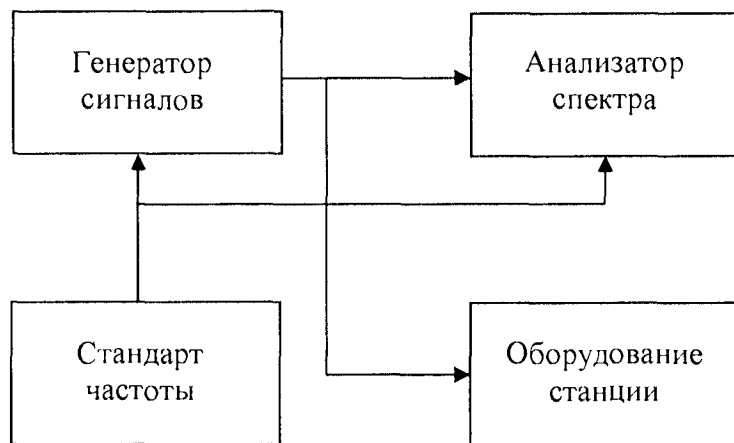


Рисунок 1 – Схема для определения пределов допускаемой абсолютной погрешности измерений частоты сигналов

8.3.2 ПО станции установить в «ручной» режим сканирования в С- и Ku-диапазоне.

8.3.3 Задать настройки генератора:

- частота 1,0 ГГц;
- уровень сигнала минус 50 дБ (исх. 1 мВт);

- модуляция «OUT».

8.3.4 Задать настройки анализатора спектра:

- частота 1,0 ГГц;

- опорный уровень минус 40 дБмВт;

- аттенуатор в положение 0 дБ;

- детектор RMS;

- полосу пропускания (RBW) и полосу обзора (SPAN) установить так, чтобы обеспечивалась минимальная погрешность маркерных измерений;

- режим измерений «N dB DOWN».

8.3.5 Станцию и анализатор спектра перевести в режим измерений.

8.3.6 Зафиксировать показания анализатора спектра $f_{действ}$ и показания ПО станции.

8.3.7 Определить величину абсолютной погрешности измерений частоты сигналов для каждого зафиксированного значения по формуле (1):

$$\delta_f = f_{изм} - f_{действ}, \quad (1)$$

где $f_{действ}$ - частота, измеренная анализатором спектра;

$f_{изм}$ - показания ПО станции, МГц.

8.3.8 Результаты определения считать положительными, если допускаемая абсолютная погрешность измерений частоты сигналов находится в пределах: для С- диапазона ± 100 кГц; для Ku- диапазона ± 150 кГц.

8.4 Определение пределов допускаемой относительной погрешности измерений ширины полосы частот по заданному уровню

8.4.1 Определение пределов допускаемой относительной погрешности измерений ширины полосы частот по заданному уровню проводится методом сличения показаний, отображаемых в ПО станции $Bf_{изм}$ с показаниями эталонного средства измерений $Bf_{действ}$. В качестве эталонного средства измерения применить анализатор спектра E4402B и подать на опорный генератор сигнал со стандарта частоты рубидиевого FS725. В качестве источника сигналов применить генератор сигналов СВЧ R&S SMR40. Измерения проводить на частотах 2,1 ГГц (С-диапазон) и 11,0 ГГц (Ku-диапазон) не менее трех раз в следующей последовательности.

8.4.2 Подключить средства измерений по схеме, изображенной на рисунке 2.

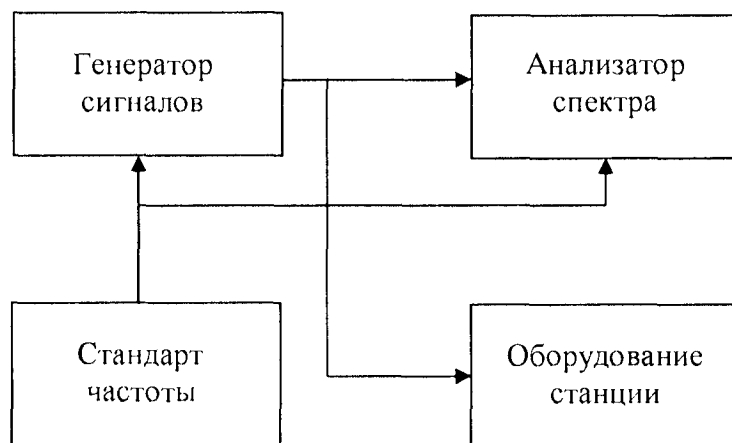


Рисунок 2 - Схема для определения пределов допускаемой относительной погрешности измерений ширины полосы частот по заданному уровню

8.4.3 ПО станции установить режим сканирования «ручной» в С- и Ку-диапазоне.

8.4.4 Задать настройки генератора:

- частота 1,0 ГГц;
- уровень сигнала минус 50 дБ (исх. 1 мВт);
- модуляция «FM»;
- частота девиации 50 кГц;
- частота модулирующего сигнала 10 кГц.

8.4.5 Задать настройки анализатора спектра:

- частота 1,0 ГГц;
- опорный уровень минус 40 дБмВт;
- аттенуатор в положение 0 дБ;
- детектор RMS;

- полосу пропускания (RBW) и полосу обзора (SPAN) установить так, чтобы обеспечивалась минимальная погрешность маркерных измерений;

- режим измерений «N dB DOWN».

8.4.6 Станцию и анализатор спектра перевести в режим измерений.

8.4.7 Зафиксировать показания анализатора спектра $Bf_{оциств}$ и показания ПО станции по уровню -3 дБ; -20 дБ; -30 дБ; -40 дБ.

8.4.8 Определить величину относительной погрешности измерения ширины полосы частот сигнала δ_{Bf} для каждого зафиксированного значения по формуле (2):

$$\delta_{Bf(-XdB)} = \frac{Bf_{изм(-XdB)} - Bf_{оциств(-XdB)}}{Bf_{оциств(-XdB)}} \cdot 100\% , \quad (2)$$

где $Bf_{оциств(-XdB)}$ - ширина полосы частот, измеренная анализатором спектра;

$Bf_{изм(-XdB)}$ - показания ПО станции.

8.4.9 Измерения на данной частоте повторить при значении девиации 200 кГц, 500 кГц, 1 МГц, 3 МГц и 5 МГц.

8.4.10 Результаты определения считать положительными, если максимальное значение относительной погрешности измерений ширины полосы частот сигнала не превышает $\pm 5\%$.

8.5 Определение пределов допускаемой относительной погрешности измерений отношения мощности сигнала к мощности шума

8.5.1 При определении пределов допускаемой относительной погрешности измерений отношения мощности сигнала к мощности шума в полосе сигнала C/N (дБ) в качестве эталонного средства измерения применить измеритель мощности Agilent E4419A. В качестве источника сигналов применить генератор сигналов СВЧ R&S SMR 40 и генератор шума 346B. Измерения проводить на частотах 2,1 ГГц (С-диапазон) и 11,0 ГГц (Ку-диапазон) не менее трех раз в следующей последовательности.

8.5.2 Подключить средства измерений по схеме, изображенной на рисунке 3.

8.5.3 ПО станции установить в «ручной» режим сканирования в С-диапазоне, затем в Ку-диапазоне.

8.5.4 Задать настройки генератора сигналов:

- частота 2,1 ГГц и 11,0 ГГц;
- уровень сигнала минус 50 дБм.

8.5.5 Зафиксировать показания измерителя мощности.

8.5.6 Измеритель мощности подключить к генератору шума через аттенуатор.

8.5.7 Аттенуатор установить в положение ослабление 100 дБ.

8.5.8 Зафиксировать значение уровня шума.

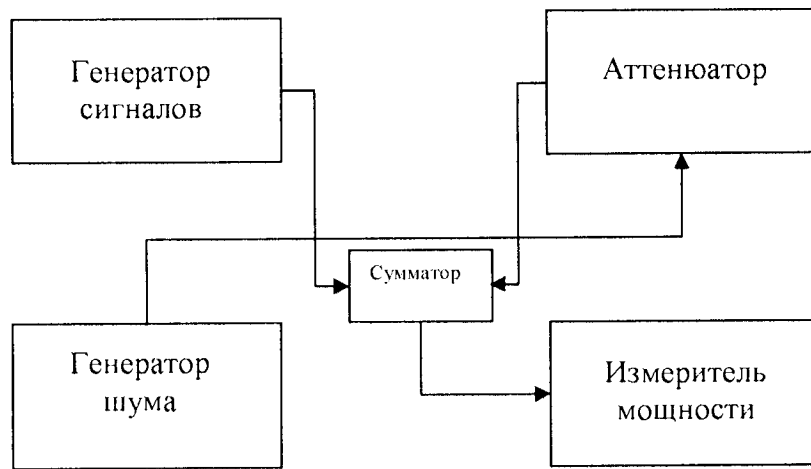


Рисунок 3 – Схема для определения пределов допускаемой относительной погрешности измерений отношения мощности сигнала к мощности шума

8.5.9 Рассчитать действительное значение отношения сигнал/шум по формуле (3):

$$C/N_{действ} = U_{сигн} - U_{шума}, \text{ дБ}, \quad (3)$$

где $U_{сигн}$ - измеренное значение уровня мощности, дБ;
 $U_{шума}$ - измеренное значение уровня шума, дБ.

8.5.10 Вместо измерителя мощности к выходу генератора сигналов и источника шума подключить оборудование станции по схеме, изображенной на рисунке 4.

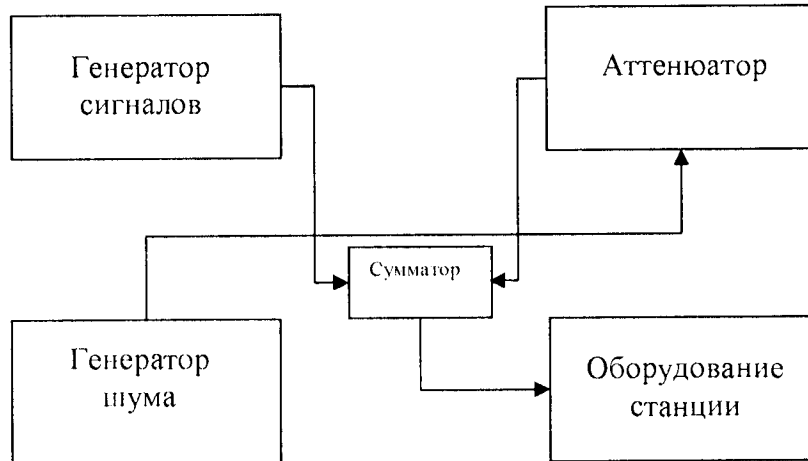


Рисунок 4 – Схема для определения пределов допускаемой относительной погрешности измерений отношения мощности сигнала к мощности шума

8.5.9 ПО станции запустить в режим измерений и зафиксировать показание сигнал/шум $C/N_{изм}$ дБ.

8.5.10 Вычислить величину относительной погрешности по формуле (4):

$$\delta C/N = C/N_{действ} - C/N_{изм}, \text{ дБ}, \quad (4)$$

где $N_{действ}$ - действительное значение уровня шума, дБ;
 $N_{изм}$ - измеренное значение уровня шума, дБ.
 C - значение уровня сигнала дБ.

8.5.11 Установить ослабление аттенюатора 95 дБ и снова определить погрешность измерений отношения С/Ν. Измерения повторить при каждом уменьшении ослабления аттенюатора на 5 дБ до значения 85 дБ.

8.5.12 Результаты определения считать положительными, если максимальное значение относительной погрешности измерения отношения сигнал/шум не превышает ± 1,0 дБ в С-диапазоне и ± 0,6 дБ в Ки-диапазоне.

8.6 Определение допускаемой относительной погрешности измерений плотности потока мощности (ППМ)

8.6.1 Для определения допускаемой относительной погрешности измерений ППМ собрать схему в соответствии с рисунком 5.

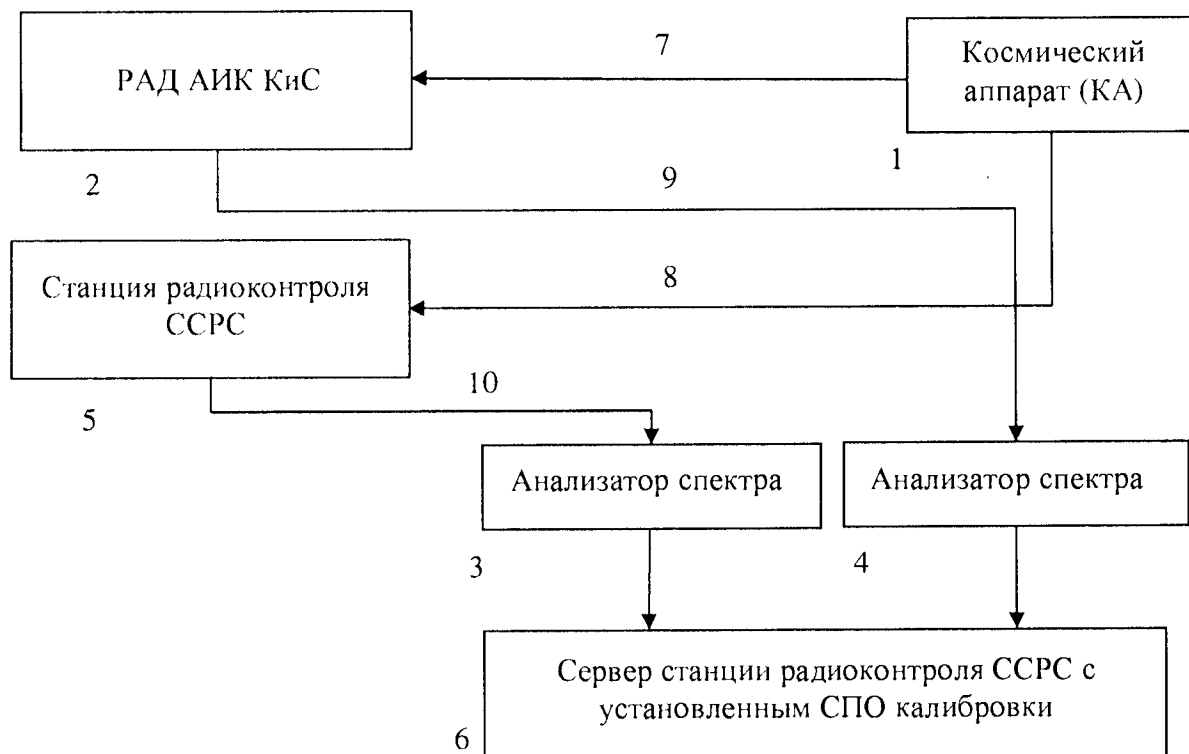


Рисунок 5 – Схема для определения допускаемой относительной погрешности измерений ППМ

Антенны расположить на расстоянии не более 20 м друг от друга.

8.6.2 Направить антенны РАД СпРМ и станции на один и тот же КА, выбрать один и тот же транспондер.

8.6.3 Измерить ППМ от транспондера КА с помощью РАД СпРМ и РАД АИК КиС. Измерения проводить в Ки- и С-диапазонах. Сравнить результаты измерений в соответствии с соотношением (5):

$$\Delta = P_{\text{фсн}} - P_{\text{фамс}}, \tag{5}$$

где $P_{\text{фсн}}$ - ППМ РАД СпРМ;

$P_{\text{фамс}}$ - ППМ РАД АИК КиС.

Если $\Delta \neq 0$, то внести поправку в КП станции на соответствующую величину в соответствии с соотношением (6):

$$K_{\text{нрсмл}} = K_{\text{нрсмл}} - \Delta, \tag{6}$$

где $K_{прстл}$ - КП станции.

8.6.4 Результаты определения считать положительными, если КП станции в С-диапазоне частот составляет не менее 95 дБ, в Ку-диапазоне частот - не менее 100 дБ.

8.6.5 Определить пределы допускаемой относительной погрешности измерений ППМ по формуле (5):

$$\delta_{снрм} = \pm 10 \lg \left(1 + 1.1 \sqrt{\delta_{АИК}^2 + \delta_K^2 + \delta_{П}^2 + \delta_{ЮСТ}^2} \right), \text{ дБ}, \quad (5)$$

где $\delta_{АИК}$ - погрешность комплекса антенного измерительного спутниковых служб радиосвязи РАД АИК КиС, определить из документации на прибор;

δ_K - погрешность, обусловленная погрешностью измерений коэффициентов передачи используемых кабельных сборок и рассогласованием СВЧ трактов (принять равной 0,1);

$\delta_{П}$ - погрешность, обусловленная поляризационными потерями (принять равной 0,06 для С-диапазона частот и 0,05 для Ку-диапазона частот);

$\delta_{ЮСТ}$ - погрешность, обусловленная неточностью юстировки антенн (принять равной 0,12 для С-диапазона частот и 0,26 для Ку-диапазона частот).

8.6.6 Результаты определения считать положительными, если значения допускаемой относительной погрешности измерений ППМ находятся в пределах ± 3 дБ.

8.7 Определение КП станции

8.7.1 КП станции определяется путем сравнения уровней сигналов спутниковых ретрансляторов, измеренных аппаратурой станции, с уровнями, измеренными комплексом антенным измерительным спутниковых служб радиосвязи РАД АИК КиС. Измерения проводятся в соответствии с РЭ на комплекс антенный измерительный спутниковых служб радиосвязи РАД АИК КиС и методикой определения коэффициентов преобразования.

8.7.2 Результаты определения считать положительными, если КП станции в С-диапазоне частот составляет не менее 95 дБ, в Ку-диапазоне частот - не менее 100 дБ.

8.8 Определение пределов допускаемой относительной погрешности измерений КП

8.8.1 Определить пределы допускаемой относительной погрешности измерений КП, дБ, по формуле (6):

$$\delta_{снрм} = \pm 10 \lg \left(1 + 1.1 \sqrt{\delta_{АИК}^2 + \delta_{N9020A}^2 + \delta_K^2 + \delta_{П}^2 + \delta_{ЮСТ}^2} \right), \quad (6)$$

где $\delta_{АИК}$ - погрешность комплекса антенного измерительного спутниковых служб радиосвязи РАД АИК КиС, определить из документации на прибор;

δ_{N9020A} - погрешность измерений мощности синусоидальных сигналов анализатором спектра из состава станции, определить из документации на прибор;

δ_K - погрешность, обусловленная погрешностью измерений коэффициентов передачи используемых кабельных сборок и рассогласованием СВЧ трактов (принять равной 0,1);

$\delta_{П}$ - погрешность, обусловленная поляризационными потерями (принять равной 0,06 для С-диапазона частот и 0,05 для Ку-диапазона частот);

$\delta_{ЮСТ}$ - погрешность, обусловленная неточностью юстировки антенн (принять равной 0,12 для С-диапазона частот и 0,26 для Ку-диапазона частот).

8.8.2 Результаты определения считать положительными, если значения допускаемой относительной погрешности измерений КП находятся в пределах $\pm 2,5$ дБ.

8.9 Определение точки компрессии КП 1 дБ

8.9.1 Определение точки компрессии КП 1 дБ выполнить путем измерения амплитудно-амплитудной характеристики облучателей антенно-фидерного устройства станции.

8.9.2 Собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 5.

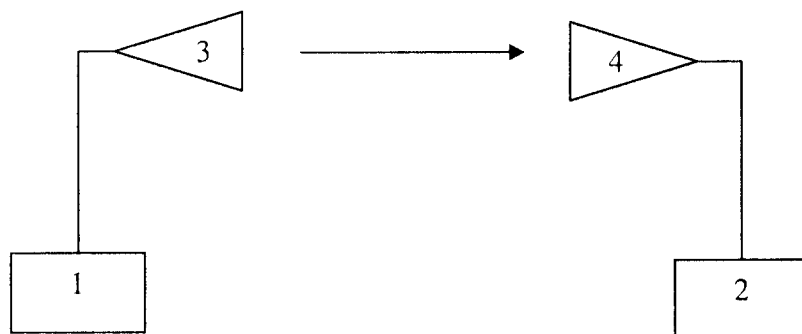


Рисунок 5 - Схема проверки амплитудно-амплитудной характеристики станции

- 1 – Генератор сигналов СВЧ R&S SMR40; 2 – Анализатор спектра E4402B;
3 – Антенна измерительная П6-23М;
4 – Облучатель антенно-фидерного устройства станции.

8.9.3 Подключить при помощи кабельных сборок генератор сигналов СВЧ R&S SMR40 к антенне измерительной П6-23М, облучатель – к анализатору спектра E4402B. Направить антенну измерительную П6-23М на облучатель антенны комплекса.

8.9.4 Генератор сигналов СВЧ R&S SMR40 установить в режим генерации синусоидального сигнала с частотами, соответствующими крайним и средней частотным точкам рабочих диапазонов частот облучателей из состава комплекса (до понижения частоты).

8.9.5 Уровень выходной мощности генератора $P_{\text{ВЫХ}_0}$ установить таким, чтобы сигнал с выхода облучателя находился в пределах от минус 30 до минус 20 дБ[мВт]. Полосу пропускания и количество усреднений установить таким образом, чтобы обеспечивалось отношение сигнал/шум не менее 30 дБ.

8.9.6 Зафиксировать уровень мощности по показаниям анализатора спектра E4402B $A_{\text{ВХ}_0}(f)$. Увеличивать уровень выходной мощности с шагом не более 5 дБ (до достижения мощности на выходе облучателя равной 0 дБ [мВт]) и фиксировать частотную зависимость коэффициента передачи $A_{\text{ВХ}_i}(f)$.

8.9.7 Построить характеристику $K_{\text{КОМП}}(i, f) = P_{\text{ВЫХ}_i} - 2i - A_{\text{ВХ}_0}(f) + A_{\text{ВХ}_i}(f)$ для каждой частоты f , определить значение аргумента, при котором она достигает 1 дБ. Уровень мощности на выходе облучателя (точку компрессии КП), соответствующий $K_{\text{КОМП}}(j, f) = 1$, определить, как $A_{\text{ВХ}_j}(f) + P_{\text{ВЫХ}_j}(f)$.

8.9.8 Результаты определения считать положительными, если точка компрессии КП 1 дБ составляет более минус 10 дБ [мВт].

9 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

9.1 При положительных результатах поверки станции выдается свидетельство установленной формы.

9.2 На оборотной стороне свидетельства о поверке записываются результаты поверки.

9.3 В случае отрицательных результатов поверки поверяемой станции к дальнейшему применению не допускается. На станцию выдается извещение об ее непригодности к дальнейшей эксплуатации с указанием причин.

Начальник отдела
ГЦИ СИ ФГУ «32 ГНИИИ Минобороны России»




А.С. Гончаров

Начальник лаборатории
ГЦИ СИ ФГУ «32 ГНИИИ Минобороны России»

А.В. Титаренко