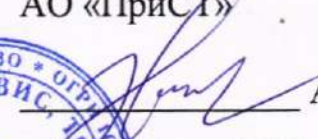


СОГЛАСОВАНО
Главный метролог
АО «ПриСТ»



 А. Н. Новиков

АО «15» августа 2025 г.

«ГСИ. Генераторы сигналов векторные АКИП-3218.
Методика поверки»

МП-ПР-34-2025

Москва
2025

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Настоящая методика распространяется на генераторы сигналов векторные АКИП-3218 (далее по тексту – генераторы) и устанавливает методы и средства их поверки.

При проведении поверки обеспечивается прослеживаемость поверяемых генераторов к государственным первичным эталонам единиц величин:

- к ГЭТ 1-2022. «ГПЭ единиц времени, частоты и национальной шкалы времени» в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений времени и частоты, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26 сентября 2022 года № 2360;

- к ГЭТ 26-2010 «ГПЭ единицы мощности электромагнитных колебаний в волноводных и коаксиальных трактах в диапазоне частот от 0,03 до 37,5 ГГц» в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений мощности электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 9 кГц до 37,5 ГГц, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 декабря 2019 года № 3461;

- ГЭТ 167-2021 «ГПС для средств измерений мощности электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 37,5 ГГц до 118,1 ГГц, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 09 ноября 2022 года № 2813.

В результате поверки должны быть подтверждены следующие метрологические требования, приведенные в Приложении А.

Для обеспечения реализации методики поверки при определении метрологических характеристик применяется метод прямых измерений.

2. ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ

При проведении первичной и периодической поверок генераторов должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
1 Внешний осмотр	да	да	Раздел 6
2 Подготовка к поверке и опробование	да	да	Раздел 7
3 Проверка программного обеспечения	да	да	Раздел 8
4 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	-	-	Раздел 9
5 Определение относительной погрешности установки частоты выходного сигнала	да	да	9.1
6 Определение абсолютной погрешности установки максимального уровня выходного сигнала	да	да	9.2
7 Определение диапазона и абсолютной погрешности установки уровня выходного сигнала	да	да	9.3
8 Определение параметров спектра сигнала в режиме непрерывных колебаний	-	-	9.4
9 Определение уровня гармонических искажений	да	да	9.4.1
10 Определение уровня субгармонических искажений	да	да	9.4.2
11 Определение уровня негармонических искажений	да	да	9.4.3
12 Определение уровня фазовых шумов	да	да	9.4.4

13 Определение параметров режимов АМ, ЧМ, ФМ, ИМ	-	-	9.5
14 Определение диапазона установки коэффициента амплитудной модуляции и абсолютной погрешности установки коэффициента амплитудной модуляции (опция S11)	да	да	9.5.1
15 Определение диапазона установки девиации частоты и абсолютной погрешности установки девиации частоты в режиме частотной модуляции (опция S11)	да	да	9.5.2
16 Определение диапазона установки девиации фазы и абсолютной погрешности установки девиации фазы в режиме фазовой модуляции (опция S11)	да	да	9.5.3
17 Определение коэффициента подавления сигнала несущей в паузе между радиоимпульсами в режиме импульсной модуляции (опции S12, S13)	да	да	9.5.4
18 Определение КСВН выхода генератора	да	да	9.6
19 Определение параметров встроенного НЧ генератора (опция S14)	-	-	9.7
20 Определение диапазона рабочих частот и относительной погрешности установки частоты	да	да	9.7.1
21 Определение абсолютной погрешности установки размаха синусоидального сигнала	да	да	9.7.2
22 Определение параметров встроенного импульсного генератора	-	-	9.8
23 Определение рабочих диапазона частот и относительной погрешности установки частоты (опция S12 или опция S13)	да	да	9.8.1
24 Определение абсолютной погрешности установки длительности импульсов (опция S12 или опция S13)	да	да	9.8.2
25 Определение длительности фронта и среза импульсного сигнала (опция S12 или опция S13)	да	да	9.8.3
26 Измерение параметров I/Q модуляции	-	-	9.9
27 Определение полосы модулирующих частот	да	да	9.9.1
28 Определение погрешности векторной ошибки	да	да	9.9.2
29 Оформление результатов поверки	да	да	Раздел 10
Примечание: для генераторов с дополнительным каналом (опции H11-BV13 и H11-BV20) выполняется поверка второго канала в соответствии с методикой, изложенной в п. п. 9.1 – 9.9, с учетом частотного диапазона указанных опций.			

3. ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха от плюс 15 °С до плюс 25 °С;
- относительная влажность от 20 % до 80 %;
- атмосферное давление от 84 до 106 кПа;
- напряжение питающей сети от 200 до 240 В;
- частота питающей сети от 47 до 63 Гц.

4. МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

Таблица 2 – Средства поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
1	2	3
7.1	Средства измерений температуры окружающей среды от +10 до +30 °С с абсолютной погрешностью не более ± 1 °С; Средства измерений относительной влажности окружающего воздуха от 30 до 80 % с абсолютной погрешностью ± 3 %	Термогигрометр Fluke мод. 1620A DewK (рег. № 58174-14)
	Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 86 до 106,7 кПа с абсолютной погрешностью ± 5 гПа	Измеритель давления Testo 511 (рег. № 53431-13)
	Средства измерений переменного напряжения в диапазоне от 50 до 480 В. Пределы допускаемой относительной погрешности измерений переменного напряжения ± 2 %. Средства измерений частоты от 45 до 60 Гц. Пределы допускаемой относительной погрешности измерений частоты ± 1 %.	Прибор измерительный универсальный параметров электрической сети DMG 800 (рег. № 49072-12)
9.1, 9.7.1, 9.8.1, 9.8.2	Эталон единицы времени и частоты не ниже 4 разряда по государственной поверочной схеме для средств измерений времени и частоты в диапазоне частот от 10 Гц до 60 ГГц. Пределы допускаемой относительной погрешности частоты опорного генератора $\pm 2 \cdot 10^{-7}$	Частотомер универсальный CNT-90XL (рег. № 70888-18)
	Эталоны единицы измерений времени и частоты, 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.	Стандарт частоты рубидиевый FS 725 (рег. № 31222-06)
9.2, 9.3, 9.7.2	Эталоны единицы мощности электромагнитных колебаний и средства измерений, соответствующие требованиям к рабочим эталонам не ниже 3 разряда по государственной поверочной схеме для средств измерений мощности электромагнитных колебаний в диапазоне частот до 67 ГГц.	Ваттметр поглощаемой мощности СВЧ NRP-18T, NRP-33T, NRP-67T (рег. № 69958-17)
9.4.4	Измеритель фазовых шумов. Диапазон частот от 10 МГц до 26,5 ГГц, средний уровень собственных фазовых шумов в диапазоне от 10 МГц до 20 ГГц при отстройке от несущей на 20 кГц не более -119 дБн/Гц. Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения уровня в диапазоне от 10 МГц до 20 ГГц не более ± 3 дБ.	Измеритель фазовых шумов FSWP26 (рег. № 63528-16)
9.5.1 – 9.5.3	Измеритель модуляции, соответствующий требованиям к эталонам не ниже 1 разряда по ГОСТ 8.717-2010, ГОСТ 8.697-2004. Диапазон частот от 0,1 до 2500 МГц.	Измеритель модуляции Boonton 8201 (рег. № 41237-09)
9.6	Анализатор цепей векторный, соответствующий требованиям к эталонам не ниже 2 разряда по ГОСТ 8.851-2013. Диапазон частот от 1 МГц до 26,5 ГГц.	Анализатор цепей векторный N5227A (рег. № 53568-13)

Продолжение таблицы 2

1	2	3
9.8.3	Полоса пропускания 1 ГГц, время нарастания переходной характеристики 450 пс.	Осциллограф цифровой запоминающий HDO6104AR (рег. № 68188-17)
9.9	Анализатор спектра. Диапазон частот от 3 Гц до 50 ГГц, гармонические искажения не более -70 дБн, уровень собственных фазовых шумов не более -129 дБн/Гц при отстройке от несущей.	Анализатор сигналов N9030A (рег. № 51073-12)
Вспомогательное оборудование		
9.3	Делитель мощности Keysight 11667A. Диапазон частот от 0 до 18 ГГц, максимальная мощность 0,5 Вт.	
9.3	Делитель мощности Keysight 11667B. Диапазон частот от 0 до 26,5 ГГц, максимальная мощность 0,5 Вт.	
9.3	Делитель мощности Keysight 11667C. Диапазон частот от 0 до 50 ГГц, максимальная мощность 0,5 Вт.	
Примечание – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа, поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.		

5. ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

5.1 При проведении поверки должны быть соблюдены требования ГОСТ 12.27.0-75, ГОСТ 12.3.019-80, ГОСТ 12.27.7-75, требованиями правил по охране труда при эксплуатации электроустановок, утвержденных приказом Минтруда России от 15 декабря 2020 года № 903н.

5.2 Средства поверки, вспомогательные средства поверки и оборудование должны соответствовать требованиям безопасности, изложенным в руководствах по эксплуатации.

5.3 Поверитель должен пройти инструктаж по технике безопасности и иметь действующее удостоверение на право работы в электроустановках с напряжением до 1000 В с квалификационной группой по электробезопасности не ниже III.

6. ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

6.1 Перед поверкой должен быть проведен внешний осмотр, при котором должно быть установлено соответствие поверяемого генератора следующим требованиям:

- не должно быть механических повреждений корпуса. Все надписи должны быть четкими и ясными;
- все разъемы, клеммы и измерительные провода не должны иметь повреждений и должны быть чистыми.

6.2 При наличии дефектов поверяемый генератор бракуется и подлежит ремонту.

7. ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 Перед проведением поверки должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

- средства поверки и поверяемый генератор должны быть подготовлены к работе согласно руководств по эксплуатации;
- контроль условий по обеспечению безопасности проведения поверки (раздел 5) должен быть выполнен перед началом поверки.
- контроль условий проведения поверки (раздел 3) должен быть выполнен перед началом поверки.

7.2 Опробование генераторов проводят путем проверки функционирования в соответствии с руководством по эксплуатации.

При отрицательном результате опробования генератор бракуется и направляется в ремонт.

8. ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Проверка идентификационных данных программного обеспечения генераторов осуществляется путем вывода на дисплей прибора информации о версии программного обеспечения. Вывод системной информации осуществляется по процедуре, описанной в руководстве по эксплуатации на прибор.

Результат считается положительным, если версия программного обеспечения соответствует данным, приведенным в таблице 3.

Таблица 3

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	-
Номер версии (идентификационный номер ПО)	не ниже 1.0.1

9. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

Периодическая поверка генераторов в случае их использования для измерений (воспроизведения) меньшего числа величин, по отношению к указанным в разделе «Метрологические и технические характеристики» описания типа, допускается на основании письменного заявления владельца генераторов, оформленного в произвольной форме. Пункты методики 9.1 – 9.3 являются обязательными к проведению. Соответствующая запись должна быть сделана в свидетельстве о поверке генераторов.

9.1 Определение относительной погрешности установки частоты выходного сигнала

Определение относительной погрешности установки частоты выходного сигнала спектра проводить при помощи частотомера универсального CNT-90XL методом прямых измерений. В качестве опорного источника частоты для частотомера использовать стандарт частоты рубидиевый FS 725.

9.1.1 Подготовить генератор к работе согласно инструкции по эксплуатации. Включить генератор и частотомер и прогреть в течение 30 минут.

9.1.2 Погрешность частоты опорного генератора определить путем измерения сигнала внутренней опорной частоты 10 МГц с выхода на задней панели генератора.

9.1.3 Подключить выход СВЧ генератора к частотомеру.

9.1.4 На генераторе установить:

- сигнал немодулированный;
- значение частоты: 6 кГц;
- выходной уровень: 0 дБм;
- включить выход генератора.

9.1.5 Измерить частотомером значение установленной частоты генератора.

9.1.6 Относительную погрешность определять по формуле (1):

$$\delta = (F_{уст} - F_{изм}) / F_{изм} \quad (1)$$

где $F_{уст}$ – значение, установленное на поверяемом генераторе;

$F_{изм}$ – значение по показаниям эталонного СИ.

9.1.7 Повторить измерения на частотах из ряда (в соответствии с частотным диапазоном генератора):

- 2; 10; 50; 50,1; 100; 150; 250; 500 МГц;
- 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,001; 3,5; 4; 4,5; 5; 5,5; 6; 6,5; 7; 7,5; 8; 8,5; 9; 9,5; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20; 20,001; 22; 24; 26; 28; 30; 32; 33; 34; 36; 38; 40; 40,001; 42; 44; 45; 46; 48; 50; 50,001; 52; 53; 54; 56; 58; 60 ГГц.

Результаты поверки по данному пункту считать положительными, если относительная погрешность установки частоты не превышает $\pm 5 \cdot 10^{-8}$.

9.2 Определение абсолютной погрешности установки максимального уровня выходного сигнала

Определение абсолютной погрешности установки уровня выходного сигнала проводить методом прямых измерений с помощью ваттметра поглощаемой мощности СВЧ.

9.2.1 Собрать схему подключения как показано на рисунке 1.

9.2.2 На генераторе установить:

- сигнал немодулированный;
- значение частоты: 6 кГц;
- выходной уровень: (в соответствии Таблицей 4);
- синхронизация от внешнего опорного генератора частотой 10 МГц;
- включить выход генератора.



Рисунок 1 – Схема соединения приборов для определения абсолютной погрешности установки максимального уровня выходного сигнала

9.2.3 Произвести измерение уровня мощности.

9.2.4 Рассчитать абсолютную погрешность установки максимального уровня выходного сигнала $\Delta P_{\text{уст}}$, каждой частоты и уровня мощности, по формуле (2):

$$\Delta P_{\text{уст}} = P_{\text{уст}} - P_{\text{в}} \quad (2)$$

где $P_{\text{уст}}$ – значение уровня мощности, установленное на генераторе, дБм;

$P_{\text{в}}$ – значение уровня мощности, измеренное с помощью ваттметра, дБм.

9.2.5 Повторить измерения по пунктам 9.2.1.2 – 9.2.1.3 на частотах из ряда (в соответствии с частотным диапазоном генератора):

- 9 кГц;
- 2; 10; 50; 51; 100; 500 МГц;
- 1; 1,001; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,001; 3,5; 4; 5; 5,5; 6; 6,5; 7; 7,5; 8; 8,5; 9; 9,5; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20; 20,001; 22; 24; 26; 28; 30; 30,001; 32; 33; 34; 36; 38; 40; 40,001; 42; 44; 45; 45,001; 46; 48; 50; 52; 53; 53,001; 54; 56; 58; 60; 62; 64; 66; 67 ГГц

Таблица 4 – Максимальный выходной уровень

АКИП-3218 опция 013				
Диапазоны частот	Стандартно	H01-130, H01-B130	H05-13, H05-B13	H01-130+H05-13, H01-B130+H05-B13
от 6 кГц до 50 МГц включ.	+15,0	+15,0	+15,0	+15,0
св. 50 МГц до 13 ГГц включ.	+15,0	+15,0	+20,0	+20,0
АКИП-3218 опция 020				
Диапазоны частот	Стандартно	H01-130, H01-B130	H05-20, H05-B20	H01-130+H05-20, H01-B130+H05-B20
от 6 кГц до 50 МГц включ.	+15,0	+15,0	+15,0	+15,0
св. 50 МГц до 20 ГГц включ.	+15,0	+15,0	+20,0	+20,0
АКИП-3218 опция 033				
Диапазоны частот	Стандартно	H01-130	H05-33	H01-130+H05-33
от 6 кГц до 50 МГц включ.	+8,0	+8,0	+8,0	+8,0
св. 50 МГц до 6 ГГц включ.	+12,0	+12,0	+20,0	+20,0
св. 6 до 18 ГГц включ.	+12,0	+12,0	+18,0	+18,0
св. 18 до 30 ГГц включ.	+12,0	+12,0	+17,0	+17,0
св. 30 до 33 ГГц включ.	+12,0	+12,0	+18,0	+18,0
АКИП-3218 опция 045				
Диапазоны частот	Стандартно	H01-130	H05-45	H01-130+H05-45
от 6 кГц до 50 МГц включ.	+8,0	+8,0	+8,0	+8,0
св. 50 МГц до 6 ГГц включ.	+12,0	+12,0	+20,0	+20,0
св. 6 до 18 ГГц включ.	+12,0	+12,0	+18,0	+18,0
св. 18 до 30 ГГц включ.	+12,0	+12,0	+17,0	+17,0
св. 30 до 40 ГГц включ.	+12,0	+12,0	+18,0	+18,0
св. 40 до 45 ГГц включ.	+12,0	+12,0	+14,0	+14,0
АКИП-3218 опция 053				
Диапазоны частот	Стандартно	H01-90, H01-120	H05-53	H01-90+H05-53, H01-120+H05-53
от 6 кГц до 50 МГц включ.	+8,0	+8,0	+8,0	+8,0
св. 50 МГц до 35 ГГц включ.	+8,0	+8,0	+17,0	+18,0
св. 35 до 40 ГГц включ.	+8,0	+8,0	+15,0	+13,0
св. 40 до 53 ГГц включ.	+8,0	+8,0	+20,0	+18,0
АКИП-3218 опция 067				
Диапазоны частот	Стандартно	H01-90, H01-120	H05-67	H01-90+H05-67, H01-120+H05-67
от 6 кГц до 50 МГц включ.	+8,0	+8,0	+8,0	+8,0
св. 50 МГц до 35 ГГц включ.	+8,0	+8,0	+17,0	+18,0
св. 35 до 40 ГГц включ.	+8,0	+8,0	+15,0	+13,0
св. 40 до 53 ГГц включ.	+8,0	+8,0	+20,0	+18,0
св. 53 до 65 ГГц включ.	+8,0	+8,0	+18,0	+18,0
св. 65 до 67 ГГц включ.	+8,0	+8,0	+15,0	+12,0

Таблица 5

Диапазон установки уровня выходного сигнала	Допустимая погрешность установки уровня выходного сигнала, дБ
от 6 кГц до 50 МГц включ.	±1
св. 50 МГц до 3 ГГц включ.	±0,5
св. 3 до 20 ГГц включ.	±0,9
св. 20 до 40 ГГц включ.	±1
св. 40 до 50 ГГц включ.	±1,3
св. 50 до 67 ГГц включ.	±1,8

Результаты поверки по данному пункту считать положительными, если абсолютная погрешность измерения максимальной мощности выходного уровня генератора не превышает значений, приведенных в таблице 5.

9.3 Определение диапазона и абсолютной погрешности установки уровня выходного сигнала

Определение погрешности установки уровня выходного сигнала проводить методом прямых измерений:

– в диапазоне от плюс 8 до минус 10 дБм — с помощью ваттметра поглощаемой мощности СВЧ;

– в диапазоне от минус 20 до минус 120 дБм — с помощью анализатора сигналов N9030A.

9.3.1 Провести калибровку преобразователя ваттметра в соответствии с его руководством по эксплуатации.

9.3.2 Собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 1.

9.3.3 На генераторе установить:

– сигнал немодулированный;

– значение частоты: 6 кГц;

– выходной уровень: 8 дБм;

– синхронизация от внешнего опорного генератора частотой 10 МГц;

– включить выход генератора.

9.3.4 Измерить уровень выходной мощности генератора с помощью ваттметра.

9.3.5 Повторить измерения уровня выходной мощности для значений частот из ряда (в соответствии с частотным диапазоном генератора):

– 9 кГц;

– 2; 10; 50; 51; 100; 500 МГц;

– 1; 1,001; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,001; 3,5; 4; 5; 5,5; 6; 6,5; 7; 7,5; 8; 8,5; 9; 9,5; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20; 20,001; 22; 24; 26; 28; 30; 30,001; 32; 33; 34; 36; 38; 40; 40,001; 42; 44; 45; 45,001; 46; 48; 50; 52; 53; 53,001; 54; 56; 58; 60; 62; 64; 66; 67 ГГц.

9.3.6 Повторить измерения по пунктам 9.3.3. – 9.3.5 для значений уровней мощности 0 и минус 10 дБм.

9.3.7 Выключить генерацию СВЧ мощности.

9.3.8 Рассчитать погрешность установки уровня выходной мощности $\Delta P_{уст}$, для каждой частоты и уровня мощности, по формуле (2):

9.3.9 Перед измерением погрешности установки выходной мощности (от минус 20 до минус 120 дБм) требуется определить частотную зависимость затухания кабеля для последующего внесения корректирующей поправки.

9.3.10 Собрать измерительную схему согласно рисунку 2.

9.3.11 На генераторе установить:

– сигнал немодулированный;

– значение частоты: 6 кГц;

– выходной уровень: 0 дБм;

– синхронизация от внешнего опорного генератора частотой 10 МГц;

– включить выход генератора.

9.3.12 Установить на анализаторе спектра следующие настройки:

– центральная частота: равная частоте генератора

– опорный уровень: 2 дБм;

– шкала 13 дБм/дел;

– полоса пропускания: авто;

– полоса обзора: 1 кГц;

– предусилитель: выкл.;

– аттенюатор: авто;

– усреднение: Вкл., 10.

9.3.13 Измерить уровень выходной мощности генератора при значениях частот, указанных в Таблице 6. Зафиксировать результаты измерений.

9.3.14 Рассчитать значение корректирующей поправки измерения уровня 0 дБм анализатором ΔP по формуле (3):

$$\Delta P = P_B - P_{ac} \quad (3)$$

где P_B – значение уровня мощности, измеренное с помощью ваттметра, дБм;

P_{ac} – значение уровня мощности, измеренное с помощью анализатора спектра, дБм.



Рисунок 2 – Схема соединения приборов для определения частотной зависимости затухания кабеля

9.3.15 Записать полученное значение ΔP в таблицу 6.

9.3.16 Повторить измерения в соответствии с пунктами 9.3.11-9.3.15 для всех частот, перечисленных в таблице 6.

Таблица 6

Значение частоты	Установленное значение уровня мощности, $P_{уст}$, дБм										
	ΔP	$P_{ас}$									
	0	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80	-90	-110	-120
6 кГц									не изм.	не изм.	не изм.
100 кГц	не изм.	не изм.	не изм.	не изм.	не изм.	не изм.	не изм.	не изм.		не изм.	не изм.
1 МГц										не изм.	не изм.
10 МГц										не изм.	не изм.
50 МГц										не изм.	не изм.
50,001 МГц											
500 МГц											
1 ГГц											
3 ГГц											
3,001 ГГц											
13 ГГц											
15 ГГц											
20 ГГц											
20,001 ГГц										не изм.	не изм.
30 ГГц										не изм.	не изм.
33 ГГц										не изм.	не изм.
40 ГГц										не изм.	не изм.
40,001 ГГц										не изм.	не изм.
45 ГГц										не изм.	не изм.

50 ГГц										не изм.	не изм.
50,001 ГГц										не изм.	не изм.
53 ГГц										не изм.	не изм.
60 ГГц										не изм.	не изм.
67 ГГц										не изм.	не изм.

9.3.17 Собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 3.

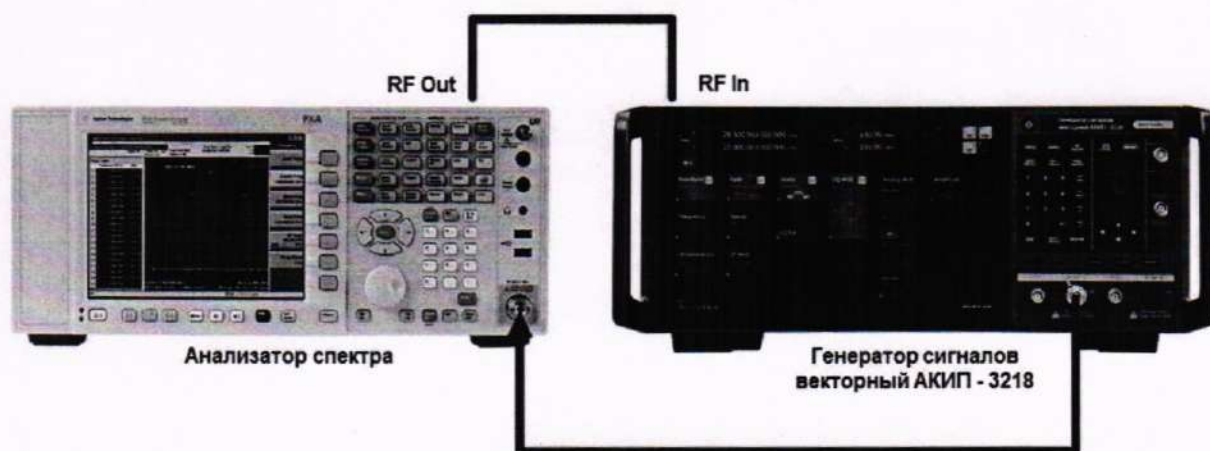


Рисунок 3 – Схема соединения приборов для определения уровня выходного сигнала

9.3.18 На генераторе установить:

- сигнал немодулированный;
- значение частоты: 6 кГц;
- выходной уровень: минус 20 дБм;
- синхронизация от внешнего опорного генератора частотой 10 МГц;
- включить выход генератора.

9.3.19 Установить на анализаторе спектра следующие настройки:

- центральная частота: равная частоте генератора
- опорный уровень: (уровень генератора +2) дБм;
- шкала: 13 дБм/дел;
- полоса пропускания: авто;
- полоса обзора: 1 кГц;
- предусилитель: выкл.;
- аттенюатор: авто.

9.3.20 Устанавливая, согласно таблице 6, частоту и уровень выходной мощности генератора в диапазоне от минус 20 дБм до минус 50 дБм, для каждой точки выполните анализатором спектра не менее 5 измерений уровня $P_{уст}$ дБм с последующим усреднением и занесением результатов в таблицу 6.

9.3.21 Рассчитать абсолютную погрешность установки уровня выходной мощности $\Delta P_{уст}$ от минус 20 дБм до минус 50 дБм по формуле (4):

$$\Delta P_{уст} = P_{ас} + \Delta P - P_{уст} \quad (4)$$

где $P_{ас}$ – значение уровня мощности, измеренное с помощью анализатора спектра, дБм;
 $P_{уст}$ – номинальное (установленное) значение уровня мощности на генераторе, дБм;
 ΔP – корректирующая поправка, рассчитанная по формуле (3).

9.3.22 Установить на анализаторе спектра следующие настройки:

- аттенюатор: 0 дБ;
- предусилитель: Вкл.;
- при частоте менее 3,6 МГц включить режим низкошумящего предусилителя (LNP);
- при частоте свыше 3,6 МГц установить полную полосу усиления.

Результаты поверки считать положительными, если погрешность установки выходного уровня генератора не превышает допустимых значений, приведенных в таблице 7.

Таблица 7

Пределы абсолютной погрешности установки уровня выходного сигнала, дБм			
Стандартно			
Диапазоны частот	Диапазоны уровня выходного сигнала, дБм		
	от -10 до +15 включ.		
от 6 кГц до 50 МГц включ.	±1		
св. 50 МГц до 3 ГГц включ.	±0,5		
св. 3 до 20 ГГц включ.	±0,9		
св. 20 до 40 ГГц включ.	±1		
св. 40 до 50 ГГц включ.	±1,3		
св. 50 до 67 ГГц включ.	±1,8		
Опции H01-130, H01-120, H01-90, H01-B130			
Диапазоны частот	Диапазоны уровня выходного сигнала, дБм		
	от -120 до -90 включ.	св. -90 до -50 включ.	св. -50 до +15 включ.
от 6 кГц до 50 МГц включ.	-	±1,5	±1
св. 50 МГц до 3 ГГц включ.	±1,2	±0,7	±0,5
св. 3 до 20 ГГц включ.	±1,8	±0,9	±0,9
св. 20 до 40 ГГц включ.	-	±1,2	±1
св. 40 до 50 ГГц включ.	-	±1,5	±1,3
св. 50 до 67 ГГц включ.	-	±2	±1,8

9.4 Определение параметров спектра сигнала в режиме непрерывных колебаний

Определение параметров спектра сигнала в режиме непрерывных колебаний проводить с помощью анализатора спектра N9030A.

9.4.1 Определение уровня гармонических искажений

9.4.1.1 Выход генератора подключить к входу анализатора сигналов в соответствии с рисунком 4.

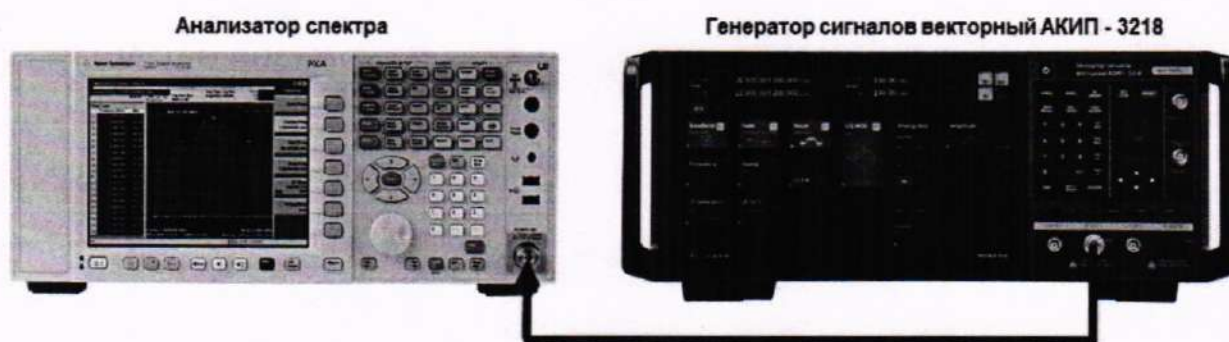


Рисунок 4 – Определение параметров спектра сигнала в режиме непрерывных колебаний

9.4.1.2 Подготовить анализатор спектра к работе в соответствии с его руководством по эксплуатации.

9.4.1.3 На выходе генератора установить:

- сигнал немодулированный;
- частота 10 МГц;
- уровень: 10 дБм;
- включить выход.

9.4.1.4 На анализаторе спектра установить:

- центральная частота: равная частоте генератора
- опорный уровень: (уровень генератора + 2) дБм;

- шкала: 13 дБм/дел;
- количество точек развёртки: 4000
- полоса пропускания: авто;
- полоса обзора: 2 кГц;
- предусилитель: выкл.

9.4.1.5 Установить маркер на пик сигнала, соответствующий основной (первой) гармонике и зафиксировать ее уровень P_{f1} .

9.4.1.6 Измерить уровень второй и третьей гармоник, выбрать максимальное значение и зафиксировать ее уровень $P_{f2\max}$.

Произвести вычисление уровня гармоник по отношению к уровню несущей по формуле (5):

$$P_{dvc} = P_{f1} - P_{f2\max} \quad (5)$$

где P_{f1} – уровень первой гармоники, дБм;

$P_{f2\max}$ – максимальный уровень гармоник, дБм.

9.4.1.7 Повторить измерения на частотах из ряда: 500 МГц; 1; 2,9; 3,1; 7; 12,9; 19,9; 24,9 ГГц (в соответствии с частотным диапазоном генератора).

Результаты поверки по данному пункту считать положительными, если уровни гармонических составляющих не больше значений, приведенных в таблице 8.

Таблица 8

Уровень гармонических искажений при $P_{\text{вых}}$ менее +10 дБм, дБн, не более	
- в диапазоне частот от 6 кГц до 3 ГГц включ.	-32
- в диапазоне частот св. 3 до 67 ГГц включ.	-57

9.4.2 Определение уровня субгармонических искажений

9.4.2.1 Выход генератора подключить к входу анализатора сигналов в соответствии с рисунком 4.

9.4.2.2 Подготовить анализатор спектра к работе в соответствии с его руководством по эксплуатации.

9.4.2.3 На выходе генератора установить:

- сигнал немодулированный;
- частота: 1 МГц;
- уровень: 10 дБм;
- включить выход.

9.4.2.4 На анализаторе спектра установить:

- центральная частота: равная частоте генератора
- опорный уровень: (уровень генератора + 2) дБм;
- шкала: 13 дБм/дел;
- количество точек развёртки: 4000
- полоса пропускания: авто;
- полоса обзора: 2 кГц;
- предусилитель: выкл.

9.4.2.5 Дождаться окончания усреднения спектрограммы. Измерить маркером уровень несущего колебания P_{f1} , затем провести измерения максимального уровня субгармонических составляющих на частотах $f_1/2$ и $f_1/3$, выбрать максимальное значение и зафиксировать его уровень ($P_{\text{искаж}}$).

9.4.2.6 Определить уровень искажений по формуле (6):

$$D = P_{f1} - P_{\text{искаж}} \quad (6)$$

где P_{f1} - уровень несущего колебания, дБм;

$P_{\text{искаж}}$ - максимальный уровень субгармонических составляющих, дБм.

9.4.2.7 Повторить измерения на частотах из ряда: 10; 100 МГц; 1; 10; 20; 30; 40, 50, 60, 67 ГГц (в соответствии с частотным диапазоном генератора).

Результаты поверки по данному пункту считать положительными, если уровень субгармонических искажений не больше значений, приведенных в таблице 9.

Таблица 9

Уровень субгармонических искажений при $P_{\text{вых}}$ менее +10 дБм, дБн, не более,	
- в диапазоне частот от 100 кГц до 20 ГГц включ.	-82
- в диапазоне частот св. 20 до 40 ГГц включ.	-62
- в диапазоне частот св. 40 до 67 ГГц включ.	-52

9.4.3 Определение уровня негармонических искажений (при наличии опций Н04-1 и Н04-2)

9.4.3.1 Выход генератора подключить к входу анализатора сигналов в соответствии с рисунком 4.

9.4.3.2 Подготовить анализатор спектра к работе в соответствии с его руководством по эксплуатации.

9.4.3.3 На выходе генератора установить:

- сигнал немодулированный;
- частота: 1 МГц;
- уровень: 0 дБм;
- включить выход.

9.4.3.4 На анализаторе спектра установить:

- центральная частота: равная частоте генератора
- опорный уровень: (уровень генератора + 2) дБм;
- шкала: 13 дБм/дел;
- количество точек развёртки: 4000
- полоса пропускания: авто;
- полоса обзора: 2 кГц;
- предусилитель: выкл.

9.4.3.5 Дождаться окончания усреднения спектрограммы. Измерить маркером уровень несущего колебания $P_{\text{л}}$, затем провести измерения максимального уровня негармонических составляющих на частотах f_1+3 кГц и f_1-3 кГц, выбрать максимальное значение и зафиксировать его уровень ($P_{\text{искаж}}$).

9.4.3.6 Определить уровень искажений по формуле (6).

9.4.3.7 Повторить измерения на частотах из ряда: 10; 100 МГц; 1; 10; 20; 30; 40, 50, 60, 67 ГГц (в соответствии с частотным диапазоном генератора).

Результаты поверки по данному пункту считать положительными, если уровень негармонических искажений не больше значений, приведенных в таблице 10.

Таблица 10

Уровень негармонических искажений, дБн, не более	Опции	
	Н04-1	Н04-2
- в диапазоне частот от 6 кГц до 250 МГц включ.	-60	-70
- в диапазоне частот св. 250 МГц до 4 ГГц включ.	-72	-82
- в диапазоне частот св. 4 до 10 ГГц включ.	-72	-82
- в диапазоне частот св. 10 до 20 ГГц включ.	-66	-76
- в диапазоне частот св. 20 до 40 ГГц включ.	-60	-70
- в диапазоне частот св. 40 до 67 ГГц включ.	-54	-64

9.4.4 Определение уровня фазовых шумов

Определение уровня фазовых шумов проводить с помощью анализатора фазовых шумов FSWP26 и анализатора спектра N9030A.

9.4.4.1 Выход генератора подключить к входу анализатора фазовых шумов в соответствии с рисунком 5.



Рисунок 5 – Схема подключения для измерения фазовых шумов с помощью анализатора фазовых шумов FSWP26

9.4.4.2 Подготовить анализатор фазовых шумов к работе в соответствии с его руководством по эксплуатации.

9.4.4.3 На выходе генератора установить:

- сигнал немодулированный;
- частота: 500 МГц;
- уровень: 10 дБм (или максимально возможный);
- включить выход.

9.4.4.4 На анализаторе фазового шума выполнить следующие установки:

- режим измерения: Phase Noise
- автоматическое определение несущей частоты: выкл.;
- частота несущей: 100 МГц;
- начальная частота анализа: 10 Гц;
- конечная частота анализа: 10 МГц;
- аттенюатор: авто;
- шкала: авто;
- количество точек развертки: 20;
- сглаживание трассы: включено;
- апертура сглаживания трассы: 10;
- кросс-корреляция: 100;
- включить маркерные измерения.

9.4.4.5 Произвести измерения фазового шума на отстройках:

- 10 Гц (опция H04-2);
- 100 Гц;
- 1 кГц;
- 10 кГц;
- 100 кГц;
- 1 МГц (опция H04-2);
- 10 МГц (опция H04-2).

9.4.4.6 Повторить измерения для частот из ряда: 500 МГц; 1; 2; 4; 10; 13; 20 ГГц (в зависимости от частотного диапазона генератора).

9.4.4.7 Отключить выход генератора.

Внимание! Для генераторов с частотным диапазоном до 20 ГГц включительно, пункты 9.4.4.8–9.4.4.12 не выполняются, и следует перейти к пункту 9.5.

9.4.4.8 Для измерения фазовых шумов для несущих частот свыше 20 ГГц, собрать схему в соответствии с рисунком 4.

9.4.4.9 На выходе генератора установить:

- сигнал немодулированный;
- частота: 33 ГГц;
- уровень: 10 дБм;
- включить выход.

9.4.4.10 На анализаторе спектра выполнить следующие установки:

- режим измерения: измерение фазовых шумов
- опорный уровень: минус 30 дБм
- шкала: 15 дБм/дел;
- центральная частота: 33 ГГц;
- полоса обзора: частота отстройки * 2,5 Гц;
- усреднение: Вкл., 16.

9.4.4.11 Дождаться окончания усреднения спектрограммы. Установить маркер на отстройку 10 Гц и произвести измерение фазовых шумов.

9.4.4.12 Повторить измерения для частот из ряда: 33; 45; 49 ГГц (в зависимости от частотного диапазона генератора).

Результаты поверки считать положительными, если уровень фазовых шумов не превышает допускаемых значений, приведенных в таблице 11.

Таблица 11

Спектральная плотность мощности фазовых шумов в зависимости от частоты несущей, приведенная к полосе 1 Гц, дБн/Гц, не более							
Опция Н04-1							
Частота несущей	Отстройка от несущей частоты						
	10 Гц	100 Гц	1 кГц	10 кГц	100 кГц	1 МГц	10 МГц
100 МГц	-	-119	-142	-149	-151	-	-
от 250 до 500 МГц включ.	-	-112	-131	-146	-144	-	-
св. 500 МГц до 1 ГГц включ.	-	-106	-125	-141	-139	-	-
св. 1 до 2 ГГц включ.	-	-101	-119	-135	-133	-	-
св. 2 до 4 ГГц включ.	-	-94	-114	-129	-127	-	-
св. 4 до 10 ГГц включ.	-	-86	-106	-121	-119	-	-
св. 10 до 20 ГГц включ.	-	-80	-100	-115	-113	-	-
св. 20 до 40 ГГц включ.	-	-74	-94	-109	-107	-	-
св. 40 до 49 ГГц включ.	-	-68	-88	-104	-102	-	-
Опция Н04-2							
Частота несущей	Отстройка от несущей частоты						
	10 Гц	100 Гц	1 кГц	10 кГц	100 кГц	1 МГц	10 МГц
100 МГц	-103	-121	-142	-149	-151	-153	-153
от 250 до 500 МГц включ.	-93	-113	-136	-147	-149	-151	-151
св. 500 МГц до 1 ГГц включ.	-91	-111	-135	-145	-148	-151	-151
св. 1 до 2 ГГц включ.	-89	-105	-128	-139	-143	-149	-149
св. 2 до 4 ГГц включ.	-83	-100	-123	-136	-137	-147	-149
св. 4 до 10 ГГц включ.	-78	-92	-156	-129	-129	-141	-155
св. 10 до 20 ГГц включ.	-72	-86	-110	-123	-123	-135	-153
св. 20 до 40 ГГц включ.	-64	-80	-100	-117	-117	-129	-143
св. 40 до 49 ГГц включ.	-58	-74	-95	-111	-111	-123	-137

9.5 Определение параметров режимов АМ, ЧМ, ФМ, ИМ

Внимание! Пункты 9.5.1 – 9.5.3 выполняются только при наличии опции аналоговой модуляции S11.

9.5.1 Определение диапазона установки коэффициента амплитудной модуляции и абсолютной погрешности установки коэффициента амплитудной модуляции (опция S11)

Определение диапазона установки коэффициента амплитудной модуляции и абсолютной погрешности установки коэффициента амплитудной модуляции проводить при помощи измерителя параметров модуляции Boonton 8201 (далее – измеритель Boonton 8201).

9.5.1.1 Выход генератора подключить на вход измерителя Boonton 8201 согласно инструкции по эксплуатации на измеритель. Полосу пропускания измерителя устанавливать в соответствии с частотой модуляции.

9.5.1.2 Для определения параметров в режиме АМ на генераторе установить режим внутренней АМ с $K_{ам} = 10\%$ и частотой модулирующего колебания 1 кГц, несущую 1 ГГц и уровень минус 10 дБм. На измерителе – режим АМ с отображением $K_{ам}$ и значения коэффициента гармоник K_g огибающей.

9.5.1.3 Провести измерения $K_{ам}$ и K_g , повторить измерения для $K_{ам}=30\%, 50\%, 90\%$. Абсолютную погрешность установки $K_{ам}$ вычислить по формуле (7):

$$\Delta = X - X_э \quad (7)$$

где X – значение, установленное на поверяемом генераторе;

$X_э$ – значение по показаниям эталонного СИ.

Результаты поверки по данному пункту считать положительными, если полученные значения абсолютной погрешности установки $K_{ам}$ не превышают $\pm(0,05 \cdot K_{ам} + 1)\%$, а K_g не более 2 % для $K_{ам}$ до 10 % включительно и не более 1 % для $K_{ам}$ свыше 10 %.

9.5.2 Определение диапазона установки девиации частоты и абсолютной погрешности установки девиации частоты в режиме частотной модуляции (опция S11)

Определение диапазона установки девиации частоты и абсолютной погрешности установки девиации частоты в режиме частотной модуляции проводить при помощи измерителя Boonton 8201.

9.5.2.1 Выход генератора подключить на вход измерителя Boonton 8201 согласно инструкции по эксплуатации на измеритель.

9.5.2.2 Для определения параметров в режиме ЧМ на генераторе установить режим внутренней ЧМ, девиацию частоты $\Delta f = 50$ кГц, частоту модулирующего колебания 1 кГц, несущую 1 ГГц и уровень 0 дБм. На измерителе – режим ЧМ с отображением Δf и значения коэффициента гармоник K_g .

9.5.2.3 Провести измерения Δf и K_g , повторить измерения для $\Delta f = 1.25$ кГц, 10 кГц, 20 кГц. Абсолютную погрешность установки Δf вычислить по формуле (7).

Результаты поверки по данному пункту считать положительными, если полученные значения абсолютной погрешности установки Δf не превышают допустимых пределов: $\pm(0,025 \cdot \Delta f + 20)$ Гц, коэффициент гармоник не более 1 %.

9.5.3 Определение диапазона установки индекса фазы и абсолютной погрешности установки индекса фазы в режиме фазовой модуляции (опция S11)

Определение диапазона установки индекса фазы и абсолютной погрешности установки индекса фазы в режиме фазовой модуляции проводить при помощи измерителя Boonton.

9.5.3.1 Выход генератора подключить на вход измерителя Boonton 8201 согласно инструкции по эксплуатации на измеритель.

9.5.3.2 Для определения параметров в режиме ФМ на генераторе установить режим внутренней ФМ, индекс фазы $\Delta\phi = 0,5$ рад, частоту модулирующего колебания 1 кГц, несущую 1 ГГц и уровень 0 дБм. На измерителе – режим ФМ.

9.5.3.3 Провести измерения $\Delta\varphi$ и K_g . Повторить измерения для $\Delta\varphi = 0,1$ рад. Абсолютную погрешность установки $\Delta\varphi$ вычислить по формуле (7).

Результаты поверки по данному пункту считать положительными, если полученные значения абсолютной погрешности установки $\Delta\varphi$ не превышают допускаемых пределов: $\pm(0,03 \cdot \Delta\varphi + 0,01)$ рад, коэффициент гармоник не более 1 %.

Внимание! Пункт 9.5.4 выполнять только при наличии опции импульсной модуляции S12, S13.

9.5.4 Определение коэффициента подавления сигнала несущей в паузе между радиоимпульсами в режиме импульсной модуляции (опции S12, S13)

Определение коэффициента подавления сигнала несущей в паузе между радиоимпульсами в режиме импульсной модуляции проводить при помощи анализатора спектра N9030A.

9.5.4.1 Для определения параметров в режиме ИМ выход генератора подключить на вход анализатора спектра N9030A. Анализатор и генератор синхронизировать по общей опорной частоте, выход синхросигнала с генератора подключить на вход внешней синхронизации анализатора, как показано на рисунке 6.

9.5.4.2 Для определения коэффициента подавления сигнала несущей в паузе между радиоимпульсами на генераторе установить:

- частота несущей: 1 ГГц;
- выходной уровень: минус 20 дБм;
- выход: включен;
- режим импульсной модуляции: Вкл.;
- период следования импульсов: 1 с;
- длительность импульсов: 0,5 с.

9.5.4.3 На анализаторе спектра выполнить следующие установки:

- режим анализатора спектра;
- сброс в начальные установки;
- опорный уровень: 0 дБм;
- аттенюатор: 20 дБ;
- центральная частота: 1 ГГц;
- полоса обзора: 0 Гц;
- полоса пропускания: 10 Гц;
- видеофильтр: 3 Гц;
- время развертки: 1 с;
- запуск по видеоимпульсу.

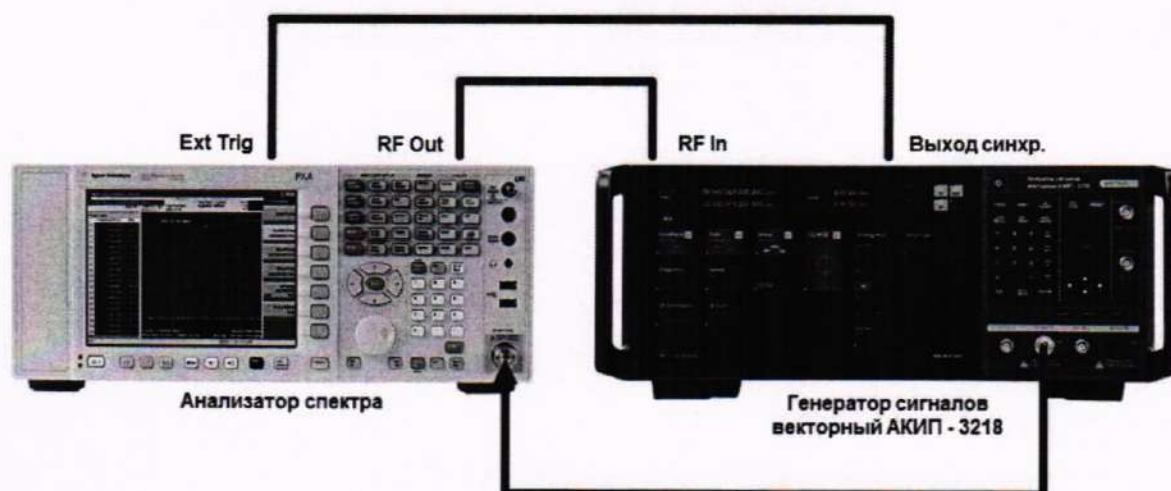


Рисунок 6 – Схема соединения приборов для определения параметров в режиме ИМ

9.5.4.4 На экране анализатора должен наблюдаться перепад импульса. Маркером измерить уровень сигнала на вершине импульса P_1 и уровень сигнала в паузе между импульсами P_2 . Вычислить подавление в паузе как разность между измеренными уровнями.

Результаты поверки по данному пункту считать положительными, если подавление радиоимпульса в паузе не менее 90 дБ.

9.6 Определение КСВН выхода генератора

КСВН выхода генератора определить при помощи анализатора цепей векторного N5227A.

9.6.1 Анализатор цепей откалибровать на конце кабеля, с помощью которого проводится подключение к выходу генератора

9.6.2 На генераторе установить частоту 1 ГГц, уровень минус 10 дБм, включить выход.

9.6.3 На анализаторе цепей установить режим измерения КСВН в полосе частот от 10 МГц до верхней частоты диапазона частот генератора.

Результаты поверки считать положительными, если значение КСВН не превышает 1,6.

Внимание! Пункт 9.7 выполнять только при наличии опции НЧ генератора S14.

9.7 Определение параметров встроенного НЧ генератора (опция S14)

9.7.1 Определение диапазона рабочих частот и относительной погрешности установки частоты

Определение диапазона рабочих частот и относительной погрешности установки частоты проводить методом прямых измерений при помощи частотомера универсального CNT-90XL. В качестве опорного источника частоты для частотомера использовать стандарт частоты рубидиевый FS 725.

9.7.1.1 Подключить низкочастотный выход генератора «LF OUT» к частотомеру.

9.7.1.2 На генераторе установить:

- частота сигнала: 20 Гц;
- форма сигнала: прямоугольник;
- смещение: 0 В;
- амплитуда сигнала: 4 В;
- выход НЧ генератора: Вкл.

9.7.1.3 На частотомере установить:

- режим измерение частоты;
- уровень входного сигнала: 1 Vpp;
- усреднение: Вкл.

9.7.1.4 С помощью частотомера измерить значение частоты.

9.7.1.5 По формуле (1) определить относительную погрешность установки частоты.

9.7.1.6 Повторить измерения для частот из ряда: 100 Гц; 1; 10; 100 кГц.

9.7.1.7 На генераторе установить:

- форма сигнала: синус;
- смещение: 0 В;
- амплитуда сигнала: 4 В;
- выход НЧ генератора: Вкл.

9.7.1.8 Повторить измерения для частот из ряда: 500 кГц; 1; 5; 10 МГц.

9.7.1.9 Отключить НЧ выход генератора.

Результаты поверки по данному пункту считать положительными, если относительная погрешность установки частоты не превышает $\pm 5 \cdot 10^{-8}$.

9.7.2 Определение абсолютной погрешности установки размаха синусоидального сигнала

Определение абсолютной погрешности установки размаха синусоидального сигнала проводить методом прямых измерений при помощи ваттметра поглощаемой мощности NRP18T.



Рисунок 7 – Схема соединения приборов для определения абсолютной погрешности установки размаха синусоидального сигнала 5 Вп-п

9.7.2.1 Подключить преобразователь измерителя мощности к низкочастотному выходу генератора в соответствии с рисунком 7.

9.7.2.2 На генераторе установить:

- частота сигнала: 20 Гц;
- форма сигнала: синус;
- смещение: 0 В;
- амплитуда сигнала: 5 В;
- выход НЧ генератора: Вкл.

9.7.2.3 Измерить установленное значение уровня мощности ваттметром.

9.7.2.4 Определить абсолютную погрешность установки размаха синусоидального сигнала по формуле (8):

$$\Delta U = U_{уст} - 20 \cdot \sqrt{P_{изм}} \quad (8)$$

где $U_{уст}$ – установленная на генераторе амплитуда сигнала, В_{пп}

$P_{изм}$ – измеренный уровень, Вт

9.7.2.5 Повторить измерения для частот из ряда: 100 Гц; 1; 10; 100; 500 кГц; 1; 5; 10 МГц.

Результаты поверки по данному пункту считать положительными, если абсолютная погрешность установки размаха синусоидального сигнала не превышает 0,5 В.

Внимание! Пункт 9.8 выполнять только при наличии опции импульсного генератора S12 или S13.

9.8 Определение параметров встроенного импульсного генератора (опция S12 или опция S13)

Определение параметров встроенного импульсного генератора проводить методом прямых измерений при помощи частотомера универсального CNT-90XL. В качестве опорного источника частоты для частотомера использовать стандарт частоты рубидиевый FS 725.

9.8.1 Определение рабочих диапазона частот и относительной погрешности установки частоты

9.8.1.1 Подключить выход импульсного генератора «MONITOR OUT» к частотомеру.

9.8.1.2 На генераторе установить:

- режим импульсной модуляции;
- источник модуляции: внутренний;
- частота сигнала: 100 Гц.

9.8.1.3 На частотомере установить:

- режим измерение частоты;
- уровень входного сигнала: 1 Vpp;
- усреднение: Вкл.

9.8.1.4 С помощью частотомера измерить значение частоты.

9.8.1.5 По формуле (1) определить относительную погрешность установки частоты.

9.8.1.6 Повторить измерения для частот из ряда:

- опция S12: 1; 10; 100; 500 кГц; 1; 5 МГц;
- опция S13: 1; 10; 100; 500 кГц; 1; 5; 10; 20; 25 МГц.

Результаты поверки по данному пункту считать положительными, если относительная погрешность установки частоты не превышает $\pm 5 \cdot 10^{-8}$.

9.8.2 Определение абсолютной погрешности установки длительности импульсов

9.8.2.1 Подключить выход импульсного генератора к частотомеру.

9.8.2.2 На генераторе установить:

- режим импульсной модуляции;
- источник модуляции: внутренний;
- частота сигнала: 100 Гц (далее в соответствии с таблицей 12);
- длительность импульса; 5 мс (далее в соответствии с таблицей 12).

9.8.2.3 На частотомере установить:

- режим измерение длительности импульсов;
- уровень входного сигнала: 1 Vpp;
- усреднение: Вкл;
- количество точек усреднения: 1000.

9.8.2.4 С помощью частотомера измерить значение длительности импульса. Записать полученное значение в таблицу 12.

9.8.2.5 Повторить измерения для частот, указанных в таблице 12.

Таблица 12

Частота сигнала генератора	Длительность импульса	Измеренное значение длительности импульса	Допускаемые пределы значений длительности	
			Нижний предел	Нижний предел
100 Гц	5 мс		4,999995000 мс	5,000005000 мс
	1 мс		0,999999000 мс	1,000001000 мс
	9 мс		8,999991000 мс	9,000009000 мс
1 кГц	500 мкс		499,99750000 мкс	500,00250000 мкс
	100 мкс		99,99790000 мкс	100,00210000 мкс
	900 мкс		899,99710000 мкс	900,00290000 мкс
10 кГц	50 мкс		49,99795000 мкс	50,00205000 мкс
	100 мкс		99,99790000 мкс	100,00210000 мкс
	900 мкс		899,99710000 мкс	900,00290000 мкс
100 кГц	5 мкс		4,99799500 мкс	5,00200500 мкс
	1 мкс		0,99799900 мкс	1,00200100 мкс
	9 мкс		8,99799100 мкс	9,00200900 мкс

500 кГц	1 мкс		0,99799900 мкс	1,00200100 мкс
	0,2 мкс		0,19799980 мкс	0,20200020 мкс
	1,8 мкс		1,79799820 мкс	1,80200180 мкс
1 МГц	500 нс		497,99950000 нс	502,00050000 нс
	200 нс		197,99980000 нс	202,00020000 нс
	1,8 мкс		0,200001800 мкс	3,800001800 мкс
5 МГц	100 нс		97,99990000 нс	102,00010000 нс
	1,8 мкс		0,200001800 мкс	3,800001800 мкс
только для опции S13				
10 МГц	50 нс		47,99995000 нс	52,00005000 нс
20 МГц	20 нс		17,99998000 нс	22,00002000 нс
25 МГц	20 нс		17,99998000 нс	22,00002000 нс

Результаты поверки по данному пункту считать положительными, если абсолютная погрешность установки длительности импульсов не превышает значений, указанных в таблице 12.

9.8.3 Определение длительности фронта и среза импульсного сигнала

Определение длительности фронта и среза импульсного сигнала проводить методом прямых измерений при помощи осциллографа HDO6104AR.

9.8.3.1 Подсоединить осциллограф к выходному разъему импульсного генератора.

9.8.3.2 Включить нагрузку канала осциллографа 50 Ом.

9.8.3.3 На генераторе установить:

- режим импульсной модуляции;
- источник модуляции: внутренний;
- период сигнала: 200 нс;
- длительность импульса: 100 нс.

9.8.3.4 Настроить осциллограф так, чтобы амплитуда прямоугольного сигнала соответствовала пяти делениям.

9.8.3.5 Измерить на экране осциллографа длительность фронта и среза каждого импульса на уровне 10 - 90 %.

Результаты поверки считать положительными, если полученные значения длительностей фронта и среза импульсов не превышают значения:

- 20 нс, для опции S12;
- 5 нс, для опции S13.

9.9 Измерение параметров I/Q модуляции

Измерение параметров I/Q модуляции проводить с помощью анализатора спектра N9030A.

9.9.1 Определение полосы модулирующих частот

9.9.1.1 Выход генератора подключить на вход анализатора спектра N9030A. Анализатор и генератор синхронизировать по общей опорной частоте, как показано на рисунке 3.

9.9.1.2 На генераторе установить:

- частота 500 МГц;
- выходной уровень: 0 дБм;
- тип модуляции: QPSK;
- коэффициент сглаживания фильтра α : 0,3;
- скорость передачи: 10 Мб/с;
- включить модуляцию;
- включить выход генератора.

9.9.1.3 На анализаторе спектра выполнить следующие установки:

- режим анализатора спектра;

- сброс в начальные установки;
- опорный уровень: 0 дБм;
- центральная частота: 500 МГц;
- полоса обзора: 30 МГц;
- режим измерения Occupied BW.

9.9.1.4 Произвести измерения.

9.9.1.5 Результаты поверки по данному пункту считать положительными, если измеренное значение полосы модулирующих частот не менее 10 МГц.

9.9.1.6 Установить скорость передачи 62,5 Мб/с

9.9.1.7 На анализаторе спектра установить полосу обзора в режиме измерения 140 МГц.

9.9.1.8 Произвести измерения.

9.9.1.9 Результаты поверки по данному пункту считать положительными, если измеренное значение полосы модулирующих частот не менее 62,5 МГц.

9.9.1.10 Выключить выход генератора.

9.9.2 Определение погрешности векторной ошибки

9.9.2.1 На генераторе установить:

- сброс в начальные установки;
- частота 133 МГц;
- выходной уровень: минус 10 дБм;
- тип модуляции: QPSK;
- тип фильтра: Cosin
- коэффициент сглаживания фильтра α : 0,3;
- скорость передачи: 4 Мб/с;
- включить модуляцию;
- включить выход генератора.

9.9.2.2 На анализаторе спектра выполнить следующие установки:

- режим векторный анализатор сигналов;
- нажать кнопку «Mode Preset»;
- опорный уровень 0 дБм;
- центральную частоту, равную значению частоты генератора;
- полосу обзора 10 МГц;
- диапазон мощности: 0;
- режим измерения Digital Demod;
- скорость передачи символов демодулятора 4 Мб/с;
- тип модуляции QPSK;
- Meas Filter: Root Raised Cosine;
- Ref Filter: Raised Cosine;
- filter Alpha: 0.3;
- количество точек развертки: 1000;
- усреднение: Вкл, 10.

9.9.2.3 Провести измерения и занести полученные результаты в таблицу 13.

9.9.2.4 Повторить измерения для частот, указанных в таблице 13 (в соответствии с частотным диапазоном генератора).

9.9.2.5 Изменить настройки генератора и анализатора спектра:

- тип модуляции: 16QAM;
- скорость передачи: 4 Мб/с;
- коэффициент сглаживания фильтра α : 0,22.

9.9.2.6 Повторить измерения на всех частотах и занести данные в таблицу 13.

9.9.2.7 Отключить выходной сигнал генератора.

9.9.2.8 Результаты поверки по данному пункту считаются удовлетворительными, если измеренные значения векторной ошибки не превышают пределов, указанных в таблице 13.

Таблица 13

Установленное значение частоты сигнала	Измеренное значение ошибки		Допускаемое значение ошибки
	QPSK	16QAM	
133 МГц			0,8%
533 МГц			
1,933 ГГц			
2,433 ГГц			
2,933 ГГц			
3,933 ГГц			
4,933 ГГц			1,0%
5,933 ГГц			
10,933 ГГц			
12,933 ГГц			
15,933 ГГц			
19,933 ГГц			
25,933 ГГц			1,2%
30,933 ГГц			
32,933 ГГц			
42,933 ГГц			
51,933 ГГц			

10. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

10.1 Результаты поверки подтверждаются сведениями, включенными в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с порядком, установленным действующим законодательством.

10.2 По заявлению владельца или лица, представившего СИ на поверку, положительные результаты поверки оформляют свидетельством о поверке, содержащем информацию в соответствии с действующим законодательством, и (или) нанесением на СИ знака поверки.

10.3 По заявлению владельца или лица, представившего СИ на поверку, отрицательные результаты поверки оформляют извещением о непригодности к применению средства измерений, содержащем информацию в соответствии с действующим законодательством.

10.4 Протоколы поверки оформляются по произвольной форме по заявлению владельца или лица, представившего СИ на поверку.

Начальник отдела испытаний
АО «ПриСТ»

О. В. Котельник

Ведущий инженер по метрологии
отдела испытаний АО «ПриСТ»

Е. Е. Смердов

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Метрологические требования подтверждаемые в результате поверки

Таблица А1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики			Значение			
Частотные параметры						
Диапазон частот, Гц	Опция					
	013	020	033	045	053	067
	от $6 \cdot 10^3$ до $13 \cdot 10^9$	от $6 \cdot 10^3$ до $20 \cdot 10^9$	от $6 \cdot 10^3$ до $33 \cdot 10^9$	от $6 \cdot 10^3$ до $45 \cdot 10^9$	от $6 \cdot 10^3$ до $53 \cdot 10^9$	от $6 \cdot 10^3$ до $67 \cdot 10^9$
Дискретность установки частоты, Гц			0,001			
Пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты ($\delta_{оп}$)			$\pm 5 \cdot 10^{-8}$			
Частотные полосы						
Номер полосы	Порядок гармоник смесителя (N)		Диапазоны частот			
0	-		от 6 кГц до 10 МГц включ.			
1	-		св. 10 до 50 МГц включ.			
2	1/256		св. 50,0 до 62,5 МГц включ.			
3	1/128		св. 62,5 до 125,0 МГц включ.			
4	1/64		св. 125 до 250 МГц включ.			
5	1/32		св. 250 до 500 МГц включ.			
6	1/16		св. 500 МГц до 1 ГГц включ.			
7	1/8		св. 1 до 2 ГГц включ.			
8	1/4		св. 2 до 4 ГГц включ.			
9	1/2		св. 4 до 8 ГГц включ.			
10	1		св. 8 до 20 ГГц включ.			
11	2		св. 20 до 40 ГГц включ.			
12	4		св. 40 до 67 ГГц включ.			
Минимальный уровень выходного сигнала (нормируемое значение), дБм	Опция частоты	Опция аттенуатора				
		Стандартно	H01-130	H01-90	H01-120	
	013, 020, 033, 045 053, 067	-10,0 -10,0	-120,0 -	- -90,0	- -90,0	
Максимальный уровень выходного сигнала, дБм, не менее						
АКИП-3218 опция 013						
Диапазоны частот	Стандартно	H01-130, H01-B130	H05-13, H05-B13	H01-130+H05-13, H01-B130+H05-B13		
от 6 кГц до 50 МГц включ.	+15,0	+15,0	+15,0	+15,0		
св. 50 МГц до 13 ГГц включ.	+15,0	+15,0	+20,0	+20,0		
АКИП-3218 опция 020						
Диапазоны частот	Стандартно	H01-130, H01-B130	H05-20, H05-B20	H01-130+H05-20, H01-B130+H05-B20		
от 6 кГц до 50 МГц включ.	+15,0	+15,0	+15,0	+15,0		
св. 50 МГц до 20 ГГц включ.	+15,0	+15,0	+20,0	+20,0		
АКИП-3218 опция 033						
Диапазоны частот	Стандартно	H01-130	H05-33	H01-130+H05-33		
от 6 кГц до 50 МГц включ.	+8,0	+8,0	+8,0	+8,0		
св. 50 МГц до 6 ГГц включ.	+12,0	+12,0	+20,0	+20,0		
св. 6 до 18 ГГц включ.	+12,0	+12,0	+18,0	+18,0		
св. 18 до 30 ГГц включ.	+12,0	+12,0	+17,0	+17,0		
св. 30 до 33 ГГц включ.	+12,0	+12,0	+18,0	+18,0		

Продолжение таблицы А1

АКИП-3218 опция 045				
Диапазоны частот	Стандартно	H01-130	H05-45	H01-130+H05-45
от 6 кГц до 50 МГц включ.	+8,0	+8,0	+8,0	+8,0
св. 50 МГц до 6 ГГц включ.	+12,0	+12,0	+20,0	+20,0
св. 6 до 18 ГГц включ.	+12,0	+12,0	+18,0	+18,0
св. 18 до 30 ГГц включ.	+12,0	+12,0	+17,0	+17,0
св. 30 до 40 ГГц включ.	+12,0	+12,0	+18,0	+18,0
св. 40 до 45 ГГц включ.	+12,0	+12,0	+14,0	+14,0
АКИП-3218 опция 053				
Диапазоны частот	Стандартно	H01-90, H01-120	H05-53	H01-90+H05-53, H01-120+H05-53
от 6 кГц до 50 МГц включ.	+8,0	+8,0	+8,0	+8,0
св. 50 МГц до 35 ГГц включ.	+8,0	+8,0	+17,0	+18,0
св. 35 до 40 ГГц включ.	+8,0	+8,0	+15,0	+13,0
св. 40 до 53 ГГц включ.	+8,0	+8,0	+20,0	+18,0
АКИП-3218 опция 067				
Диапазоны частот	Стандартно	H01-90, H01-120	H05-67	H01-90+H05-67, H01-120+H05-67
от 6 кГц до 50 МГц включ.	+8,0	+8,0	+8,0	+8,0
св. 50 МГц до 35 ГГц включ.	+8,0	+8,0	+17,0	+18,0
св. 35 до 40 ГГц включ.	+8,0	+8,0	+15,0	+13,0
св. 40 до 53 ГГц включ.	+8,0	+8,0	+20,0	+18,0
св. 53 до 65 ГГц включ.	+8,0	+8,0	+18,0	+18,0
св. 65 до 67 ГГц включ.	+8,0	+8,0	+15,0	+12,0
Дискретность установки уровня выходного сигнала, дБ	0,01			
Пределы абсолютной погрешности установки уровня выходного сигнала, дБм				
Стандартно				
Диапазоны частот	Диапазоны уровня выходного сигнала, дБм			
	от -10 до +15 включ.			
от 6 кГц до 50 МГц включ.	±1			
св. 50 МГц до 3 ГГц включ.	±0,5			
св. 3 до 20 ГГц включ.	±0,9			
св. 20 до 40 ГГц включ.	±1			
св. 40 до 50 ГГц включ.	±1,3			
св. 50 до 67 ГГц включ.	±1,8			
Опции H01-130, H01-120, H01-90, H01-B130				
Диапазоны частот	Диапазоны уровня выходного сигнала, дБм			
	от -120 до -90 включ.	св. -90 до -50 включ.	св. -50 до +15 включ.	
от 6 кГц до 50 МГц включ.	-	±1,5	±1	
св. 50 МГц до 3 ГГц включ.	±1,2	±0,7	±0,5	
св. 3 до 20 ГГц включ.	±1,8	±0,9	±0,9	
св. 20 до 40 ГГц включ.	-	±1,2	±1	
св. 40 до 50 ГГц включ.	-	±1,5	±1,3	
св. 50 до 67 ГГц включ.	-	±2	±1,8	

Продолжение таблицы А1

Уровень гармонических искажений при $P_{\text{вых}}$ менее +10 дБм, дБн, не более							
- в диапазоне частот от 6 кГц до 3 ГГц включ.				-32			
- в диапазоне частот св. 3 до 67 ГГц включ.				-57			
Уровень субгармонических искажений при $P_{\text{вых}}$ менее +10 дБм, дБн, не более,							
- в диапазоне частот от 100 кГц до 20 ГГц включ.				-82			
- в диапазоне частот св. 20 до 40 ГГц включ.				-62			
- в диапазоне частот св. 40 до 67 ГГц включ.				-52			
Уровень негармонических искажений, при $P_{\text{вых}}$ 0 дБм, при отстройке от несущей св. 3 кГц, дБн, не более - в диапазоне частот от 6 кГц до 250 МГц включ. - в диапазоне частот св. 250 МГц до 4 ГГц включ. - в диапазоне частот св. 4 до 10 ГГц включ. - в диапазоне частот св. 10 до 20 ГГц включ. - в диапазоне частот св. 20 до 40 ГГц включ. - в диапазоне частот св. 40 до 67 ГГц включ.				Опции			
				Н04-1		Н04-2	
				-60		-70	
				-72		-82	
				-72		-82	
				-66		-76	
				-60		-70	
				-54		-64	
Спектральная плотность мощности фазовых шумов в зависимости от частоты несущей, приведенная к полосе 1 Гц, дБн/Гц, не более							
Опция Н04-1							
Частота несущей	Отстройка от несущей частоты						
	10 Гц	100 Гц	1 кГц	10 кГц	100 кГц	1 МГц	10 МГц
100 МГц	-	-119	-142	-149	-151	-	-
от 250 до 500 МГц включ.	-	-112	-131	-146	-144	-	-
св. 500 МГц до 1 ГГц включ.	-	-106	-125	-141	-139	-	-
св. 1 до 2 ГГц включ.	-	-101	-119	-135	-133	-	-
св. 2 до 4 ГГц включ.	-	-94	-114	-129	-127	-	-
св. 4 до 10 ГГц включ.	-	-86	-106	-121	-119	-	-
св. 10 до 20 ГГц включ.	-	-80	-100	-115	-113	-	-
св. 20 до 40 ГГц включ.	-	-74	-94	-109	-107	-	-
св. 40 до 67 ГГц включ.	-	-68	-88	-104	-102	-	-
Опция Н04-2							
Частота несущей	Отстройка от несущей частоты						
	10 Гц	100 Гц	1 кГц	10 кГц	100 кГц	1 МГц	10 МГц
100 МГц	-103	-121	-142	-149	-151	-153	-153
от 250 до 500 МГц включ.	-93	-113	-136	-147	-149	-151	-151
св. 500 МГц до 1 ГГц включ.	-91	-111	-135	-145	-148	-151	-151
св. 1 до 2 ГГц включ.	-89	-105	-128	-139	-143	-149	-149
св. 2 до 4 ГГц включ.	-83	-100	-123	-136	-137	-147	-149
св. 4 до 10 ГГц включ.	-78	-92	-156	-129	-129	-141	-155
св. 10 до 20 ГГц включ.	-72	-86	-110	-123	-123	-135	-153
св. 20 до 40 ГГц включ.	-64	-80	-100	-117	-117	-129	-143
св. 40 до 67 ГГц включ.	-58	-74	-95	-111	-111	-123	-137
Параметры частотной модуляции (ЧМ)							
Диапазон частот несущей				от 50 МГц до 50 ГГц			
Девияция частоты (максимальное значение), МГц				N·20			
Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки девиации частоты (Δf), при модулирующей частоте 1 кГц, Δf не менее N·20 кГц, Δf не более N·800 кГц, Гц, не более				$\pm(0,025 \cdot \Delta f + 20)$			

Продолжение таблицы А1

Диапазон частот модулирующего сигнала	от DC до 10 МГц
Коэффициент гармоник, при модулирующей частоте 1 кГц, Δf не менее $N \cdot 20$ кГц, Δf не более $N \cdot 800$ кГц, %, не более	± 1
Параметры фазовой модуляции (ФМ)	
Диапазон частот несущей	от 50 МГц до 50 ГГц
Девияция фазы, рад	
- стандартный режим	$N \cdot 20$
- широкополосный режим	$N \cdot 2$
- режим с низким уровнем шума	$N \cdot 0,2$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки девиации фазы ($\Delta\phi$), при модулирующей частоте 1 кГц, $\Delta\phi$ не менее $N \cdot 0,2$, $\Delta\phi$ не более $N \cdot 8$, рад, не более	$\pm(0,03 \cdot \Delta\phi + 0,01)$
Диапазон частот модулирующего сигнала	от DC до 10 МГц
Коэффициент гармоник, при модулирующей частоте 1 кГц, $\Delta\phi$ не менее $N \cdot 0,8$, $\Delta\phi$ не более $N \cdot 8$, %, не более	± 1
Параметры амплитудной модуляции (АМ)	
Диапазон частот несущей	от 50 МГц до 50 ГГц
Максимальный коэффициент АМ ($K_{ам}$), %, не менее	90
Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки $K_{ам}$, при модулирующей частоте 1 кГц, %, не более	$\pm(0,05 \cdot K_{ам} + 1)$
Диапазон частот модулирующего сигнала	от DC до 100 кГц
Коэффициент гармоник, при модулирующей частоте 1 кГц, %, не более	
при $K_{ам}$ до 10 % включ.	± 1
при $K_{ам}$ св. 10 %	± 2
Параметры импульсной модуляции (ИМ)	
опция S12	
Частота несущей, МГц, не менее	50
Коэффициент подавления сигнала несущей в паузе между радиоимпульсами, дБн, не менее	90
Минимальная длительность фронта/среза импульса, нс, не более	20
Частота повторения	от 0,01 Гц до 5 МГц
Пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты	$\pm 5 \cdot 10^{-8}$
Диапазон установки длительности импульса (t), с	от $1 \cdot 10^{-7}$ до 99,99999999
Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки длительности импульса (Δt), с, не более	$\pm(1 \cdot 10^{-6} \cdot t + 2 \cdot 10^{-9})$
опция S13	
Частота несущей, МГц, не менее	50
Коэффициент подавления сигнала несущей в паузе между радиоимпульсами, дБн, не менее	90
Минимальная длительность фронта/среза импульса, нс, не более	5
Частота повторения	от 0,01 Гц до 25 МГц
Пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты	$\pm 5 \cdot 10^{-8}$
Диапазон установки длительности импульса (t), с	от $20 \cdot 10^{-9}$ до 99,99999999

Продолжение таблицы А1

Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки длительности импульса (Δt), с, не более	$\pm(1 \cdot 10^{-6} \cdot t + 2 \cdot 10^{-9})$
Параметры НЧ генератора (опция S14)	
Формы выходного сигнала	синусоидальная, прямоугольная, пилообразная, треугольная, шум, ПКЧ для синусоидального сигнала
Диапазон частот сигнала - синусоидального - прямоугольного, треугольного, пилообразного	от 0,1 Гц до 10 МГц от 0,1 Гц до 1 МГц
Дискретность установки частоты, Гц	0,1
Пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты	$\pm 5 \cdot 10^{-8}$
Диапазон установки уровня сигнала (размах) $U_{\text{вых}}$ на нагрузке 50 Ом, В	от $1 \cdot 10^{-3}$ до 5
Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки размаха синусоидального сигнала, В, не более	$\pm 0,5$
Параметры IQ модуляции	
Максимальная скорость передачи, Мбит/с стандартно опция H31-1000 опция H31-2000	150 300 600
Виды модуляции	PSK, QAM, FSK, ASK, MSK, APSK
QPSK модуляция	
Допускаемое значение ошибки модуляции, при скорости передачи 4 Мбит/с, фильтр Найквиста $\alpha=0,3$, в диапазонах частот, %, не более от 100 МГц до 4 ГГц включ. св. 4 до 20 ГГц включ. св. 20 до 67 ГГц включ.	0,8 1,0 1,2
16QAM модуляция	
Допускаемое значение ошибки модуляции, при скорости передачи 4 Мбит/с, фильтр Найквиста $\alpha=0,22$, в диапазонах частот, %, не более от 100 МГц до 4 ГГц включ. св. 4 до 20 ГГц включ. св. 20 до 67 ГГц включ.	0,8 1,0 1,2
Коэффициент стоячей волны по напряжению выхода (КСВН), не более	1,6
Примечания: N – порядок гармоник смесителя; $U_{\text{вых}}$ – установленное значение напряжения на выходе, В; $K_{\text{ам}}$ – коэффициент амплитудной модуляции, %.	