



**СОГЛАСОВАНО**

Начальник

ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России



Т.Ф. Мамлеев

2024 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

**Преобразователь измерительный**

**NRP18P**

**Методика поверки**

**МП 21-01-24**

## 1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика устанавливает методы и средства первичной и периодической поверки преобразователя измерительного (далее – преобразователь) производства фирмы «Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG», Германия. Сокращённая поверка преобразователя NRP18P невозможна.

1.2 В результате поверки должны быть подтверждены следующие метрологические требования, приведённые в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические требования

Наименование характеристики	Значение характеристики
Диапазон рабочих частот, ГГц	от 0,05 до 18,00
КСВН входа в диапазоне частот, не более:	
- от 50 МГц до 2,4 ГГц включ.	1,16
- св. 2,4 до 8,0 ГГц включ.	1,20
- св 8 до 18 ГГц включ.	1,25
Диапазон измерения мощности, мВт, для:	
Измерений средней мощности синусоидальных немодулированных колебаний:	от $1 \cdot 10^{-6}$ до 100
Измерений импульсно-модулированных сигналов:	от $20 \cdot 10^{-3}$ до 100
Измерений пиковой мощности импульсно-модулированных колебаний:	от $20 \cdot 10^{-6}$ до 100
Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки «нуля», нВт, для:	
Режима измерения средней мощности синусоидальных немодулированных колебаний:	$\pm 0,4$
Режима измерения пиковой мощности импульсно-модулированных колебаний:	$\pm 10$
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений длительности импульса, нс	$\pm (0,1 \cdot \tau + 10)^*$
Минимальная измеряемая длительность радиоимпульса, нс	50
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений мощности синусоидальных немодулированных колебаний, без учета погрешности из-за рассогласования, установки и дрейфа «нуля», %	$\pm 6$
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений мощности импульсно-модулированных колебаний, без учета погрешности из-за рассогласования, установки и дрейфа «нуля», %	$\pm 9$
* $\tau$ - измеренное значение длительности импульса	

1.3 Методика поверки обеспечивает прослеживаемость преобразователя к государственному первичному эталону единицы мощности электромагнитных колебаний в волноводных и коаксиальных трактах в диапазоне частот от 0,03 до 37,50 ГГц ГЭТ 26-2010 в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30. 12.2019 № 3461 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений мощности электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 9 кГц до 37,5 ГГц».

1.4 Методы, обеспечивающие реализацию методики поверки: метод прямых измерений и косвенный (гетеродинный) метод.

## 2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ

2.1 При проведении поверки должны выполняться операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Операции поверки

Наименование операции	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр	да	да	7
Опробование	да	да	8
Проверка программного обеспечения	да	да	9
Определение диапазона рабочих частот, КСВН входа преобразователя	да	да	10.1
Определение диапазона измерения средней мощности синусоидальных немодулированных колебаний	да	да	10.2
Определение предела допускаемой относительной погрешности измерений мощности синусоидальных немодулированных колебаний, без учета погрешности из-за рассогласования, установки и дрейфа «нуля»	да	да	10.3
Определение диапазона измерения пиковой мощности импульсно-модулированных колебаний	да	нет	10.4
Определение диапазона измерения мощности импульсно-модулированных колебаний и предела допускаемой относительной погрешности измерений мощности импульсно-модулированных колебаний, без учета погрешности из-за рассогласования, установки и дрейфа «нуля»	да	нет	10.5
Определение предела допускаемой абсолютной погрешности установки «нуля», в режиме измерений средней мощности синусоидальных немодулированных колебаний	да	да	10.6
Определение предела допускаемой абсолютной погрешности установки «нуля», в режиме измерений пиковой мощности импульсно-модулированных колебаний	да	нет	10.7
Определение минимальной измеряемой длительности импульса и относительной погрешности измерений длительности импульса	да	нет	10.8
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	да	да	11

### 3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °C ..... от + 15 до + 25;
- относительная влажность воздуха, %, не более ..... 90;
- атмосферное давление, кПа ..... от 84,0 до 106,7;
- напряжение питания, В .....  $220 \pm 22$ ;
- частота, Гц .....  $50 \pm 1$ .

*Примечание - При проведении поверочных работ условия окружающей среды средств поверки (рабочих эталонов) должны соответствовать регламентируемым в их инструкциях по эксплуатации требованиям.*

### 4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 К проведению поверки могут быть допущены лица, имеющие высшее или среднее техническое образование и практический опыт в области радиотехнических измерений, и допущенные к проведению поверки установленным порядком.

4.2 Поверитель должен изучить эксплуатационные документы на поверяемый модуль и используемые средства поверки.

### 5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

5.1 При проведении поверки должны применяться средства поверки, указанные в таблице 3.

5.2 Все средства поверки должны быть исправны и иметь действующие документы о поверке (знак поверки).

Таблица 3 – Средства поверки

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
1	2	3
п. 3.1 Контроль условия поверки (при подготовке и проведении поверки средства измерений)	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне от -10 до +60 °C, пределы допускаемой погрешности измерений температуры $\pm 0,4$ °C. Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 10 до 95 %, пределы допускаемой погрешности измерений $\pm 3\%$ . Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 30 до 120 кПа, пределы допускаемой погрешности измерений $\pm 0,5$ кПа	Приборы комбинированные Testo 622, (рег. № 53505-13)
п. 8.2.4 Проверка присоединительного размера коаксиального входа преобразователя	Средства измерений основных присоединительных размеров коаксиальных соединителей СВЧ трактов с пределами абсолютной погрешности измерений $\pm 0,02$ мм	Комплект для измерений соединителей коаксиальных КИСК-7 рег. № 9864-85

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
1	2	3
п. 10.1 Определение диапазона рабочих частот, КСВН входа преобразователя	Средства измерений модуля коэффициента отражения в диапазоне частот от 0 ГГц до 18 ГГц, пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты выходного сигнала $2,5 \cdot 10^{-6}$ , диапазон измерений комплексного коэффициента отражения от 1 до 2, погрешность измерений, не более $\pm 3 \%$	Рефлектометр векторный CABAN R180, рег. № 71037-18
п. 10.2 Определение диапазона измерения средней мощности синусоидальных немодулированных колебаний	Средства измерений мощности электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 0 до 18 ГГц, пределы допускаемой систематической основной относительной погрешности измерений мощности без учета погрешности рассогласования от $\pm 0,5$ до $\pm 3 \%$ . Генератор сигналов, диапазон частот от 10 МГц до 18 ГГц, пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты $\pm 1 \cdot 10^{-6}$ , значение выходной мощности не менее 10 дБ (1 мВт) Аттенюатор ступенчатый, диапазон частот от 0 до 18 ГГц, значения ослабления от 0 до 40 дБ, шаг ослабления 10 дБ, пределы допускаемой абсолютной погрешности установки ослабления относительно опорного значения $0 \text{ дБ} \pm (0,5 - 3,3) \text{ дБ}$ . Усилители мощности СВЧ, диапазон рабочих частот от 50 МГц до 18 ГГц, коэффициент усиления 20 дБ	Калибратор мощности СВЧ NRPC-18 рег. № 54535-13  Синтезатор частот Г7М-40 рег. № 46199-10  Аттенюатор ступенчатый ручной 8496В рег. № 37204-08  СВЧ-усилитель 83006А
п. 10.3 Определение предела допускаемой относительной погрешности измерений мощности синусоидальных немодулированных колебаний, без учета погрешности из-за рассогласования, установки и дрейфа «нуля»	Делитель мощности, диапазон частот от 0,05 до 18 ГГц Средства измерений мощности электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 0 до 18 ГГц, пределы допускаемой систематической основной относительной погрешности измерений мощности без учета погрешности рассогласования от $\pm 0,5$ до $\pm 3 \%$ . Генератор сигналов, диапазон частот от 10 МГц до 18 ГГц, пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты $\pm 1 \cdot 10^{-6}$ , значение выходной мощности не менее 10 дБ (1 мВт) Аттенюатор ступенчатый, диапазон частот от 0 до 18 ГГц, значения ослабления от 0 до 40 дБ, шаг ослабления 10 дБ, пределы допускаемой абсолютной погрешности установки ослабления относительно опорного значения $\pm 1,5 \text{ дБ}$ . Усилители мощности СВЧ, диапазон рабочих частот от 50 МГц до 18 ГГц, коэффициент усиления 20 дБ	ДМС2А-18-11Р  Калибратор мощности СВЧ NRPC-18 рег. № 54535-13  Синтезатор частот Г7М-40 рег. № 46199-10  Аттенюатор ступенчатый ручной 8496В рег. № 37204-08  СВЧ-усилитель 83006А

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
1	2	3
п. 10.4 Определение диапазона измерения пиковой мощности импульсно-модулированных колебаний	<p>Анализаторы спектра, диапазон частот от 0,05 до 18 ГГц, пределы допускаемой относительной погрешности при измерении мощности <math>\pm 0,25</math> дБ</p> <p>Делитель мощности, диапазон частот от 0,05 до 18 ГГц</p> <p>Средства измерений мощности электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 0 до 18 ГГц, пределы допускаемой систематической основной относительной погрешности измерений мощности без учета погрешности рассогласования от <math>\pm 0,5</math> до <math>\pm 3</math> %.</p> <p>Генератор сигналов, диапазон частот от 10 МГц до 18 ГГц, пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты <math>\pm 1 \cdot 10^{-6}</math>, значение выходной мощности не менее 10 дБ (1 мВт)</p> <p>Аттенюатор ступенчатый, диапазон частот от 0 до 18 ГГц, значения ослабления от 0 до 40 дБ, шаг ослабления 10 дБ, пределы допускаемой абсолютной погрешности установки ослабления относительно опорного значения <math>\pm 1,5</math> дБ.</p> <p>Усилители мощности СВЧ, диапазон рабочих частот от 50 МГц до 18 ГГц, коэффициент усиления 20 дБ</p> <p>Генераторы импульсов, длительность импульса не менее 20 нс, выброс не вершине не более 5%</p>	<p>Анализатор спектра N9010A рег. № 54185-14 ДМС2А-18-11Р</p> <p>Калибратор мощности СВЧ NRPC-18 рег. № 54535-13</p> <p>Синтезатор частот Г7М-40 рег. № 46199-10</p> <p>Аттенюатор ступенчатый ручной 8496В рег. № 37204-08</p> <p>СВЧ-усилитель 83006А</p> <p>Генератор импульсов Г5-102 рег. № 39224-08</p>
п. 10.5 Определение диапазона измерения мощности импульсно-модулированных колебаний и предела допускаемой относительной погрешности измерений мощности импульсно-модулированных колебаний, без учета погрешности из-за рассогласования, установки и дрейфа «нуля»	<p>Средства измерений мощности электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 0 до 18 ГГц, пределы допускаемой систематической основной относительной погрешности измерений мощности без учета погрешности рассогласования от <math>\pm 0,5</math> до <math>\pm 3</math> %.</p> <p>Генераторы импульсов, длительность импульса не менее 20 нс, выброс не вершине не более 5%</p>	<p>Калибратор мощности СВЧ NRPC-18 рег. № 54535-13</p> <p>Генератор импульсов Г5-102 рег. № 39224-08</p>

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
1	2	3
п. 10.6 Определение предела допускаемой абсолютной погрешности установки «нуля», в режиме измерений средней мощности синусоидальных немодулированных колебаний	Секундомеры, пределы допускаемой основной погрешности $\pm 0,1$ с.	Секундомер электронный «Интеграл С-01» рег. № 44154-16
п. 10.7 Определение предела допускаемой абсолютной погрешности установки «нуля», в режиме измерений пиковой мощности импульсно-модулированных колебаний	Секундомеры, пределы допускаемой основной погрешности $\pm 0,1$ с.	Секундомер электронный «Интеграл С-01» рег. № 44154-16
п. 10.8 Определение минимальной измеряемой длительности импульса и относительной погрешности измерений длительности импульса	Генераторы импульсов, длительность импульса не менее 20 нс, выброс на вершине не более 5%	Генератор импульсов Г5-102 рег. № 39224-08
<i>Примечание – Допускается использовать при поверке другие утверждённые и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утверждённого типа, поверенные и удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице</i>		

## 6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При выполнении операций поверки должны быть соблюдены все требования техники безопасности, регламентированные ГОСТ 12.1.019, ГОСТ 12.1.038, ГОСТ 12.3.019, действующими «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей», «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей», а также всеми действующими местными инструкциями по технике безопасности.

6.2 К выполнению операций поверки и обработке результатов наблюдений могут быть

допущены только лица, аттестованные в качестве поверителя в установленном порядке.

6.3 Все блоки и узлы, а также используемые средства измерений должны быть надежно заземлены. Коммутации и сборки электрических схем для проведения измерений должны проводиться только на выключенной и полностью обесточенной аппаратуре.

## **7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ**

### **7.1 Внешний осмотр**

7.1.1 Внешний вид и комплектность проверить на соответствие данным, приведенным в руководстве по эксплуатации (РЭ) на преобразователь.

При проведении внешнего осмотра проверить:

- соответствие комплектности эксплуатационной документации, наличие маркировок с указанием типа и заводского номера;
- отсутствие глубоких царапин и вмятин на корпусе, следов коррозии металлических деталей и следов воздействия жидкостей или агрессивных паров, целостность покрытий, сохранность маркировки;
- чистоту и целостность соединительных разъемов. При обнаружении посторонних частиц провести их чистку;
- отсутствие неудовлетворительного крепления соединительных разъемов;
- наличие товарного знака изготовителя, заводского номера преобразователя и состояние лакокрасочного покрытия;
- соблюдения требований по защите от несанкционированного вмешательства (пломбировка).

7.1.2 Результаты внешнего осмотра считать положительными при отсутствии дефектов, нарушающих функциональность, и соответствии описанию типа. В противном случае, преобразователь дальнейшей поверке не подвергается, бракуется и направляется для проведения ремонта.

## **8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ**

### **8.1 Подготовка к поверке**

8.1.1 На поверку представляют преобразователь, полностью укомплектованный в соответствии с РЭ на него.

8.1.2 Во время подготовки к поверке поверитель знакомится с документацией на преобразователь и подготавливает все материалы и средства поверки, необходимые для проведения поверки.

8.1.3 Контроль условий проведения поверки по пункту 3.1 провести перед началом поверки, а затем периодически, но не реже одного раза в час.

### **8.2 Опробование средства измерений**

8.2.1 Подготовить преобразователь к работе в соответствии с РЭ.

Проверить соединение персональной электронно-вычислительной машины (далее – ПЭВМ), который будет использоваться при испытаниях с заземлением. Поочередно соединить разъем интерфейса USB ПИ с блоком индикации (ПЭВМ).

8.2.2 Включить питание ПЭВМ и после завершения загрузки операционной системы установить программное обеспечение «R&S Power Viewer». Помимо основной программы «R&S Power Viewer» установить сопутствующие драйверы для ПИ с диска, находящегося в комплекте.

После завершения установки драйверов для ПИ, двойным нажатием левой клавиши мыши запустить на ПЭВМ файл «R&S Power Viewer.exe». Наблюдать на экране ПЭВМ виртуальную панель представленную на рисунке 1

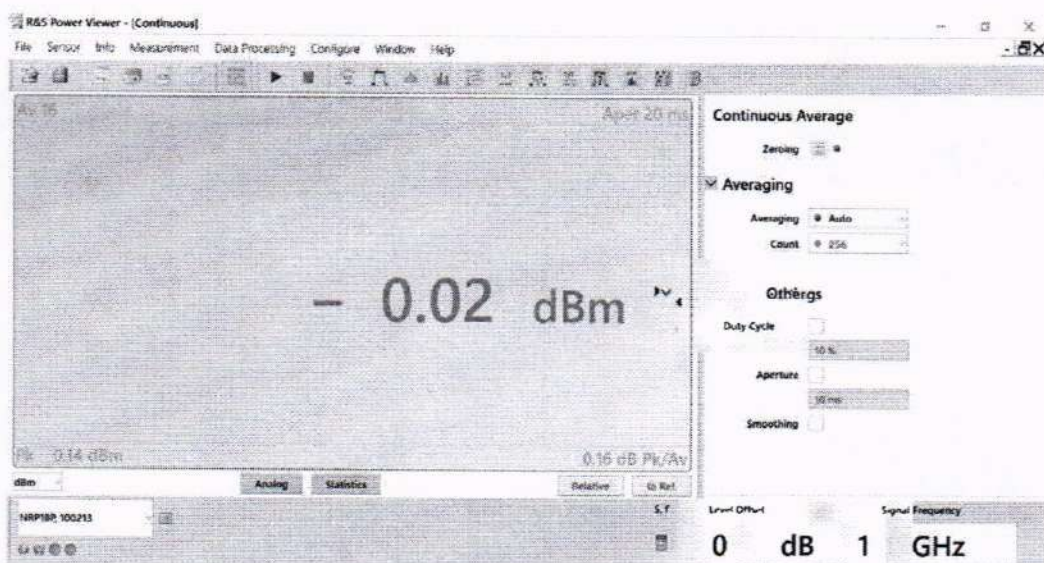


Рисунок 1 – Виртуальная панель программы «R&S Power Viewer.exe»

8.2.3 Провести установку нуля путем нажатием левой кнопкой мыши на иконку «Zeroing».

Результат считать положительным, если:

- ПО «R&S Power Viewer.exe» установлено на ПК;
- версия «R&S Power Viewer.exe» не ниже 13.1;
- инициализация ПИ выполняется успешно;
- серийный номер подсоединенного ПИ на экране виртуальной панели управления соответствует номеру, указанному на его корпусе
- установка нуля выполнена успешно.

8.2.4 Произвести проверку присоединительного размера коаксиального входа преобразователя.

Проверка присоединительного размера коаксиального входа преобразователя выполняется с применением комплекта для измерений соединителей коаксиальных в соответствии с указаниями эксплуатационной документации на него или универсальным инструментом для измерений линейных размеров, например, микрометром, индикатором часового типа и др.

8.2.5 При проверке измеряется только размер «А» (см. рисунок 2).

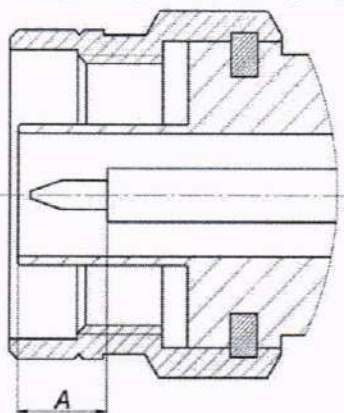


Рисунок 2 – Проверка присоединительного размера «А»

8.2.6 Преобразователь считать прошедшим опробование и готовым к работе, если результаты измерений присоединительного размера соединителя находится в пределах: для N-тип или III тип, вилка от 5,28 до 5,44 мм.

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

## 9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

### 9.1 Запустить «R&S Power Viewer.exe»

9.1 После запуска программы нажать левой кнопкой мыши на вкладку «Help», далее «About this Software». В открывшемся окне определить версию программы «R&S Power Viewer.exe» Результаты соответствия программного обеспечения считать положительными, если идентификационное наименование ПО «R&S Power Viewer.exe» и значение версии 13.1 и выше.

В противном случае результаты считать отрицательными и последующие операции поверки не выполнять.

## 10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

10.1 Определение диапазона рабочих частот проводить одновременно с определением КСВН входа преобразователя.

10.1.1 Собрать схему измерения для определения КСВН входа преобразователя в соответствии с рисунком 3.

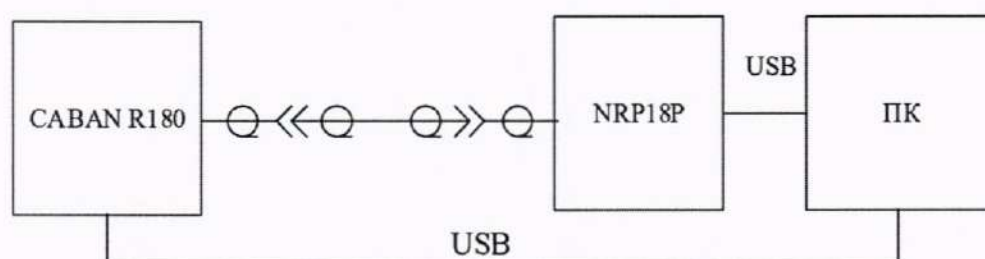


Рисунок 3 - Схема измерений КСВН входа преобразователя в рабочем диапазоне частот

10.1.2 Измерения для определения КСВН проводить:

в диапазоне частот от 0,05 до 18 ГГц (на частоте 0,05 ГГц, 0,25 ГГц, далее до 3 ГГц с шагом 0,25 ГГц, от 3 до 18 ГГц – с шагом 0,5 ГГц);

10.1.3 Результаты считать положительными, если значения КСВН входа преобразователя соответствуют значениям, указанные в таблице 1.

10.2 Определение диапазона измерения средней мощности синусоидальных немодулированных колебаний

10.2.1 Определение диапазона измерений средней мощности проводить одновременно с определением относительной погрешности измерений мощности синусоидальных немодулированных колебаний без учета погрешности рассогласования установки и дрейфа «нуля».

10.2.2 Результаты считать положительными, если в диапазоне измерений средней мощности от  $1 \cdot 10^{-6}$  мВт до 100 мВт значение относительной погрешности измерений мощности находится в пределах  $\pm 6\%$ .

10.3 Определение предела допускаемой относительной погрешности измерений мощности синусоидальных немодулированных колебаний, без учета погрешности из-за рассогласования, установки и дрейфа «нуля»

10.3.1 Определение относительной погрешности, зависящей от частоты, проводить на опорном уровне мощности 1 мВт для преобразователя. Измерения проводить на крайних точках частот: 0,05, 0,25 ГГц, далее до 3 ГГц с шагом 0,25 ГГц, от 3 до 18 ГГц – с шагом 0,5 ГГц.

10.3.2 Определение относительной погрешности, зависящей от частоты, на опорном уровне мощности выполнять по схеме, приведенной на рисунке 4. В качестве эталона использовать калибратор мощности СВЧ NRPC 18.

10.3.3 Определение составляющей погрешности, зависящей от частоты, на опорном уровне мощности выполнять по схеме, приведенной на рисунке 4. В качестве эталона использовать калибратор мощности СВЧ NRPC 18.

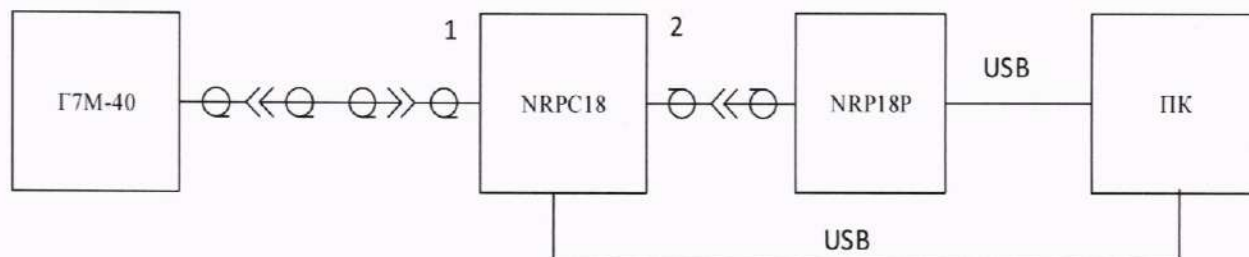


Рисунок 4 – Схема измерений для определения относительной погрешности, зависящей от частоты, на опорном уровне мощности

10.3.4 Установить на генераторе сигналов Г7М-40 частоту в соответствии с п. 10.3.1 и такой уровень мощности, чтобы мощность, измеряемая преобразователем NRPI8P, была равна 1 мВт.

10.3.5 Выключить генератор. Установить нулевые показания преобразователя NRPI8P.

10.3.6 Включить мощность. Одновременно отсчитать показания мощности NRPC18  $P_{ЭТ}$  и преобразователя NRPI8P  $P_{ИЗМ}$  (по показаниям на ПК). Результаты измерений зафиксировать в рабочем журнале.

10.3.7 Рассчитать отношение показаний  $\frac{P_{ИЗМ}}{P_{ЭТ}}$ .

10.3.8 Выполнить операции п.п. 10.3.4 – 10.3.7 не менее трех раз.

10.3.9 Выполнить операции п.п. 10.3.4 – 10.3.7 на всех частотах, приведенных в п. 10.3.1

10.3.10 Рассчитать среднее арифметическое значение отношения показаний  $\frac{P_{ИЗМ}}{P_{ЭТ}}$  для

каждой частоты по формуле (1):

$$\left( \frac{P_{ИЗМ}}{P_{ЭТ}} \right)_{СР} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{n} \left( \frac{P_{ИЗМ}}{P_{ЭТ}} \right)_i, \quad (1)$$

где,  $i = 1, 2, 3$ .

10.3.11 Рассчитать составляющую относительной погрешности измерений мощности, зависящей от частоты, на опорном уровне мощности, в процентах, на каждой частоте от 0,05 до 18 ГГц по формуле (2):

$$\delta_f(\Theta) = \left[ \left( \frac{P_{ИЗМ}}{P_{ЭТ}} \right)_{СР} - 1 \right] \cdot 100. \quad (2)$$

Результаты расчета зафиксировать в рабочем журнале.

10.3.12 Определение составляющей погрешности преобразователя NRPI8P.

10.3.13 Измерения проводят на опорной частоте 1 ГГц по схеме, представленной на рисунке 5.

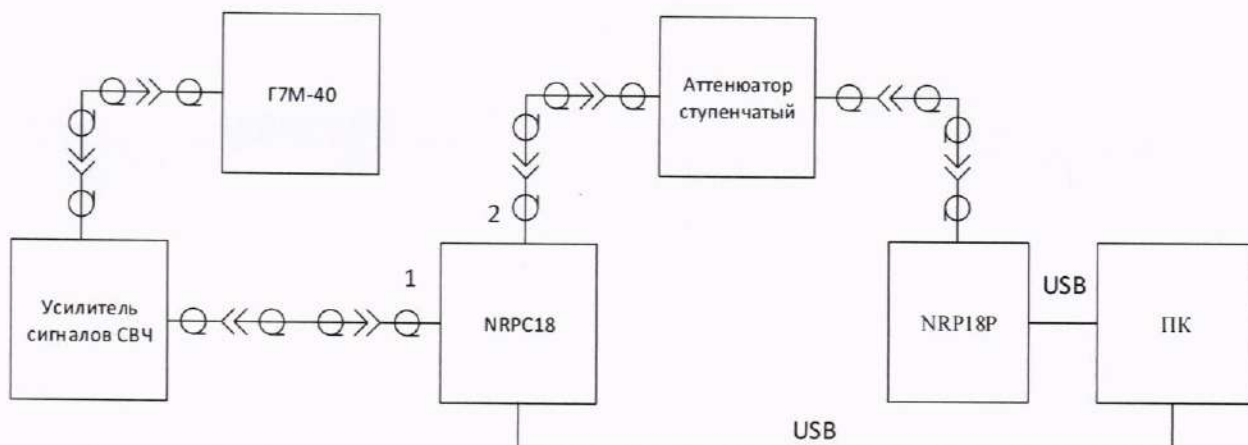


Рисунок 5 – Схема измерений для определения составляющей основной погрешности ваттметров, обусловленной нелинейной зависимостью их показаний от уровня измеряемой мощности

10.3.14 Провести установку нуля проверяемого ваттметра NRP18P и ваттметра NRPC18. Аттенюатор ступенчатый установить в положение «0 дБ».

10.3.15 Включить мощность на генераторе сигналов Г7М-40 и установить такую выходную мощность, чтобы показания преобразователя NRP18P (по показаниям на ПК) были близки к 10 мВт но не более.

10.3.16 Одновременно снять показания преобразователя NRP18P  $P_{NRP18P}^{10\text{ мВт}}$  и ваттметра NRPC18  $P_{ЭТ}^{10\text{ мВт}}$ . Результаты измерений зафиксировать в рабочем журнале.

10.3.17 Выключить мощность на генераторе сигналов Г7М-40.

10.3.18 Выполнить операции п.п. 10.3.14 – 10.3.17 не менее 3 раз ( $n \geq 3$ ).

10.3.19 Рассчитать среднее значение разности показаний  $A_s$  преобразователя NRP18P и ваттметра NRPC18 по формуле (3):

$$A_s = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} (P_{NRP18P}^{10\text{ мВт}} - P_{ЭТ}^{10\text{ мВт}})_i \quad (3)$$

где  $i = 1, 2, 3, \dots, n$ .

10.3.20 Результаты расчета фиксировать в рабочем журнале.

10.3.21 Провести установку нуля проверяемого ваттметра NRP18P и ваттметра NRPC18. Аттенюатор ступенчатый установлен в положение «0 дБ».

10.3.22 Включить мощность на генераторе сигналов Г7М-40 и установить на выходе генератора сигналов Г7М-40 такую выходную мощность, чтобы показания преобразователя NRP18P были близки к 1 мВт.

10.3.23 Одновременно отсчитать показания датчика NRP18P  $P_{NRP18P}^{1\text{ мВт}}$  и показания NRPC18  $P_{ЭТ}^{1\text{ мВт}}$ . Результаты измерений зафиксировать в рабочем журнале. Выключить мощность на генераторе сигналов Г7М-40.

10.3.24 Выполнить операции п.п. 10.3.21 – 10.3.23 не менее 3 раз ( $n \geq 3$ ).

10.3.25 Рассчитать среднее значение разности показаний  $A_n$  преобразователя NRP18P и NRPC18 по формуле (4):

$$A_n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} (P_{NRP18P}^{1\text{ мВт}} - P_{ЭТ}^{1\text{ мВт}})_i \quad (4)$$

где  $i = 1, 2, 3, \dots, n$ .

10.3.26 Результаты расчета фиксировать в рабочем журнале.

10.3.27 Рассчитать значение составляющей погрешности в диапазоне измерений мощности от 10 до 1 мВт  $\delta_{10\text{ мВт}}(\%)$ , в процентах, по формуле (5):

$$\delta_{P10\text{мВт}}(\Theta) = (10^{(A_{10}-A_1)/10} - 1) \cdot 100, \quad (5)$$

10.3.28 Результаты расчета фиксировать в рабочем журнале.

10.3.29 Повторить операции п.п. 10.3.21 – 10.3.28 для положения аттенюатора 40 дБ при показаниях преобразователя NRP18P, соответствующих указанным в таблице 4.

Таблица 4 – Положения аттенюатора

Положение аттенюатора	Верхний предел измеряемой мощности NRP18P, дБ (1 мВт)	Нижний предел измеряемой мощности NRP18P, дБ (1 мВт)
40 дБ	1 мкВт	100 нВт

10.3.30 Рассчитать по формуле (6)  $A_B$ , соответствующее верхнему пределу измеряемой мощности NRP18P, и по формуле (7)  $A_H$ , соответствующее нижнему пределу измеряемой мощности NRP18P при том же положении аттенюатора.

$$A_B = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} \left( (10 \cdot \log 10 \left( \frac{P_{NRP18P}^{1\text{мкВт}}}{1} \right)) - (10 \cdot \log 10 \left( \frac{P_{ЭГ}^{10\text{мВт}}}{1} \right)) \right)_i \quad (6)$$

$$A_H = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} \left( (10 \cdot \log 10 \left( \frac{P_{NRP18P}^{100\text{нВт}}}{1} \right)) - (10 \cdot \log 10 \left( \frac{P_{ЭГ}^{1\text{мВт}}}{1} \right)) \right)_i \quad (7)$$

10.3.31 Рассчитать значение составляющей погрешности в диапазоне измерений мощности от 1 мкВт до 100 нВт  $\delta_{P100\text{нВт}}(\Theta)$ , в процентах, по формуле (8):

$$\delta_{P100\text{нВт}}(\Theta) = (10^{(A_B-A_H)/10} - 1) \cdot 100, \quad (8)$$

10.3.32 Результаты расчета фиксировать в рабочем журнале.

10.3.33 Для вычисления составляющей погрешности в диапазоне измерений мощности  $\delta_p(\Theta)$  выбирается максимальное из полученных  $\delta_{p_i}(\Theta)$ .

10.4 Определение диапазона измерения пиковой мощности импульсно-модулированных колебаний

10.4.1 Определение диапазона измерения пиковой мощности импульсно-модулированных сигналов производить на частоте 100 МГц.

10.4.2 Измерения выполнять по схемам, приведенным на рисунках 6 и 7, в зависимости от измеряемого уровня мощности.

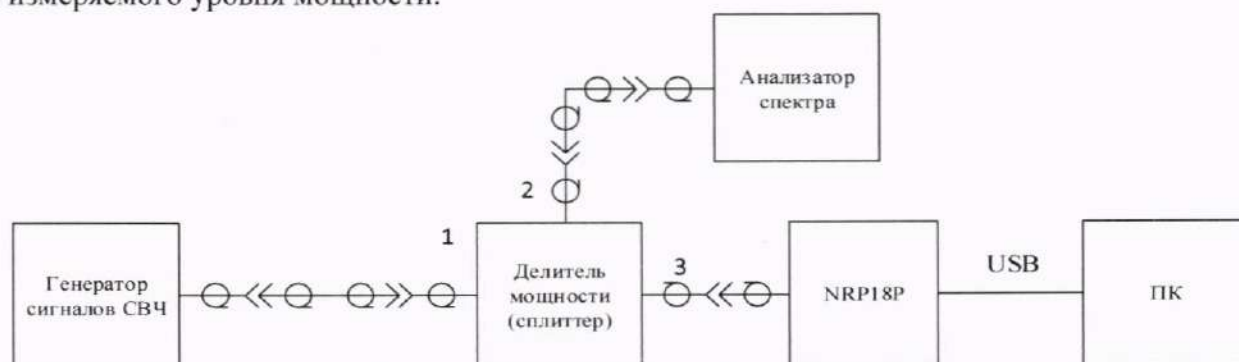


Рисунок 6 - Схема измерений для определения нижней границы диапазона измерений пиковой мощности импульсно-модулированных колебаний

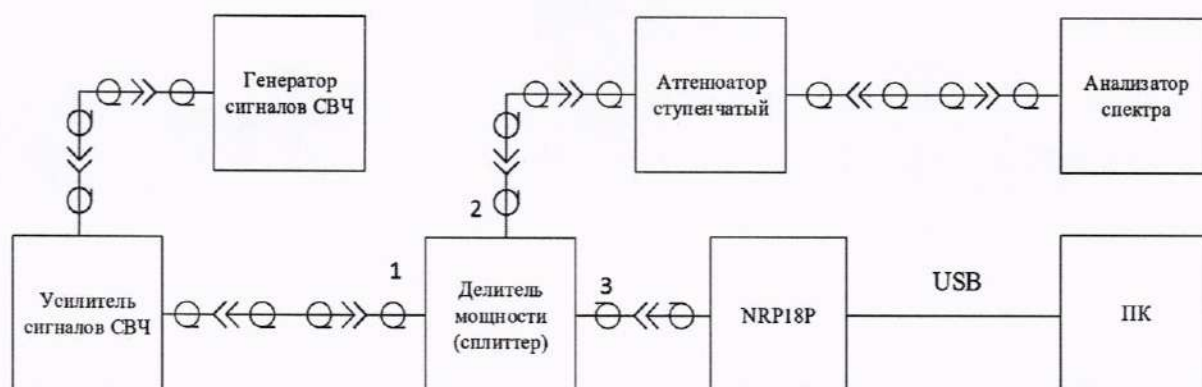


Рисунок 7 - Схема измерений для определения верхней границы диапазона измерений пиковой мощности импульсно-модулированных колебаний

10.4.3 Для нижней границы измерений собрать схему измерений в соответствии с рисунком 6. Установить нулевые показания преобразователя NRP18P.

10.4.4 Подготовить анализатор спектра для измерений уровня сигнала в дБм на частоте 100 МГц в соответствии с его руководством по эксплуатации.

10.4.5 Установить на генераторе сигналов режим импульсной модуляции и минимальный уровень выходного сигнала. Включить мощность. Плавной регулировкой установить по анализатору спектра уровень сигнала для нижней границы диапазона измерений в соответствии с таблицей 5. Зафиксировать показания NRP18P. Выключить генератор сигналов.

10.4.6 Для верхней границы измерений собрать схему измерений в соответствии с рисунком 5. Установить нулевые показания преобразователя NRP18P.

10.4.7 Подготовить анализатор спектра для измерений уровня сигнала в дБм на частоте 100 МГц в соответствии с его руководством по эксплуатации.

10.4.8 Установить на генераторе сигналов режим импульсной модуляции и минимальный уровень выходного сигнала. На ступенчатом аттенюаторе установить уровень ослабления в соответствии с таблицей 5. Включить усилитель мощности. Включить мощность на генераторе сигналов. Плавной регулировкой уровня мощности генератора сигнала установить по анализатору спектра уровень сигнала для верхней границы диапазона измерений в соответствии с таблицей 5. Зафиксировать показания NRP18P. Выключить генератор сигналов и усилитель мощности.

Значения устанавливаемых параметров и измеряемых величин приведено в таблице 5.

Таблица 5

Граница диапазона	Значение ступенчатого аттенюатора, дБ	Устанавливаемый уровень на анализаторе спектра, дБм	Значение измеренное NRP18P и его допустимое отклонение
Нижняя граница диапазона 20 нВт	0	$-47 \pm 2$	$22 \pm 2$ нВт
Верхняя граница диапазона 100 мВт	20	$1 \pm 2$	$90 \pm 10$ мВт

Результаты считать положительными, если при измерениях на обоих уровнях мощности наблюдаются устойчивые показания NRP18P, а их отклонение не превышает значений приведенных в таблице 5.

10.5 Определение диапазона измерения мощности импульсно-модулированных колебаний и предела допускаемой относительной погрешности измерений мощности импульсно-модулированных колебаний, без учета погрешности из-за рассогласования, установки и дрейфа «нуля»

10.5.1 Определение диапазона измерения мощности импульсно-модулированных колебаний и предела допускаемой относительной погрешности измерений мощности импульсно-

модулированных колебаний, без учета погрешности из-за рассогласования, проводить не менее чем в пяти точках динамического диапазона, включая две крайние точки, при длительности импульса  $\tau$  равной 50 нс и периодом следования импульсов  $T$  равным 100 нс.

Измерения выполнять по схеме, приведенной на рисунке 8.

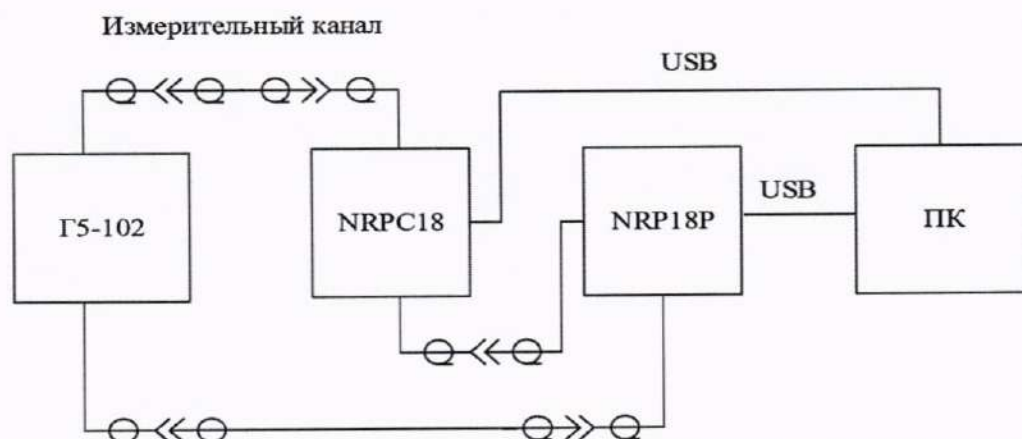


Рисунок 8 - Схема измерений для относительной погрешности измерений мощности импульсно-модулированных колебаний, без учета погрешности из-за рассогласования, установки и дрейфа «нуля»

10.5.2 В качестве эталона использовать калибратор мощности СВЧ NRPC18. При выполнении сравнения измеренной NRPI8P и NRPC18 мощности использовать соотношение (9) между средней и импульсной мощностью:

$$P_{\text{изм}} = P_{\text{имп}} \cdot \frac{\tau}{T} \quad (9)$$

где:  $P_{\text{изм}}$  – расчетное значение средней мощности эквивалентное измеренной NRPI8P значению импульсной мощности;

$P_{\text{имп}}$  – измеренной NRPI8P значение импульсной мощности;

$\tau, T$  – параметры импульса в соответствии с п. 10.5.1

10.5.3 В прикладном программном обеспечении NRPI8P установить режим измерений средней мощности импульсно-модулированных колебаний.

10.5.4 Выполнить установку нуля на калибраторе мощности СВЧ NRPC18 и преобразователе измерительном NRPI8P.

10.5.5 На генераторе импульсов Г5-102 установить минимальный уровень выходного сигнала параметры импульсов в соответствии с п. 4.20.1

10.5.6 Собрать схему измерений в соответствии с рисунком 8.

10.5.7 На выходе генератора импульсов Г5-102, используя органы плавной регулировки, установить уровень выходного сигнала 1 нВт по показаниям преобразователя измерительного NRPI8P.

10.5.8 Зафиксировать показания калибратора мощности СВЧ NRPC18 и преобразователя измерительного NRPI8P, при этом выполнить пересчет показаний последнего по формуле 10, записать результаты в таблицу 6.

Результаты считать положительными, если относительная погрешность измерений для всех значений мощности не превышает  $\pm 9\%$ .

10.6 Определение предела допускаемой абсолютной погрешности установки «нуля», в режиме измерений средней мощности синусоидальных немодулированных колебаний

10.6.1 Для определения абсолютной погрешности установки «нуля», в режиме измерений средней мощности синусоидальных немодулированных колебаний, проводить по схеме, приведенной на рисунке 9.

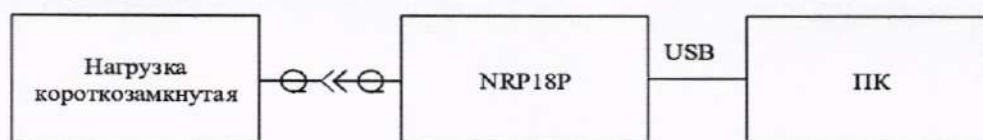


Рисунок 9 – Схема измерений для определения абсолютной погрешности установки «нуля», в режиме измерений средней мощности синусоидальных немодулированных колебаний

10.6.2 В прикладном программном обеспечении установить режим измерения синусоидальных немодулированных колебаний.

10.6.3 В прикладном программном обеспечении выполнить установку «нуля» NRP18P и зафиксировать индицируемое значение мощности  $P_{1\text{снк}}$ , в течении времени, не менее 30 секунд, зафиксировать максимальное индицируемое значение мощности  $P_{2\text{снк}}$ .

10.6.4 Рассчитать абсолютную погрешность установки «нуля», в режиме измерений средней мощности синусоидальных немодулированных колебаний колебаний  $P_{0\text{снк}}$ , по формуле (12).

Результат считать положительным, если значение  $P_{0\text{снк}}$  не более  $\pm 0,4$  нВт.

10.7 Определение предела допускаемой абсолютной погрешности установки «нуля», в режиме измерений пиковой мощности импульсно-модулированных колебаний

10.7.1 Для определения абсолютной погрешности установки «нуля», в режиме измерений пиковой мощности импульсно-модулированных колебаний, проводить по схеме, приведенной на рисунке 9.

10.7.2 В прикладном программном обеспечении установить режим измерений пиковой мощности импульсно-модулированных колебаний.

10.7.3 В прикладном программном обеспечении выполнить установку «нуля» NRP18P и зафиксировать индицируемое значение мощности  $P_{1\text{пнк}}$ , в течении времени, не менее 30 секунд, зафиксировать максимальное индицируемое значение мощности  $P_{2\text{пнк}}$ .

10.7.4 Рассчитать абсолютную погрешность установки «нуля», в режиме измерений пиковой мощности импульсно-модулированных колебаний  $P_{0\text{пнк}}$ , по формуле (12).

Результат считать положительным, если значение  $P_{0\text{пнк}}$  не более  $\pm 10$  нВт.

10.8 Определение минимальной измеряемой длительности импульса и относительной погрешности измерений длительности импульса

10.8.1 Определение минимальной измеряемой длительности импульса и предела допускаемой относительной погрешности измерения длительности импульса, проводить при длительности импульса равной 50 нс и периодом следования импульсов 100 нс.

10.8.2 Определение минимальной измеряемой длительности импульса и предела допускаемой относительной погрешности измерений длительности импульса выполнять по схеме, приведенной на рисунке 10. В качестве эталона использовать генератор импульсов Г5-102.

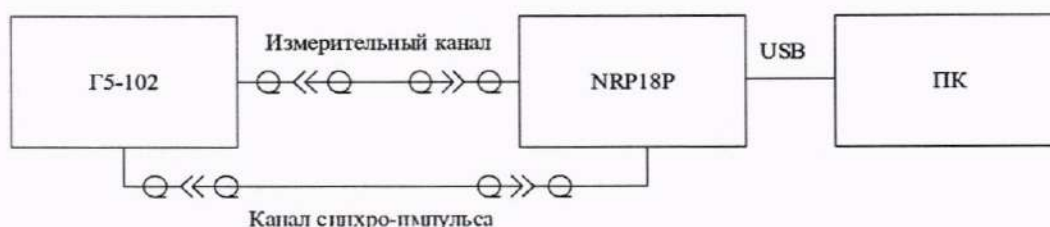


Рисунок 10 – Схема измерений для определения минимальной измеряемой длительности импульса и относительной погрешности измерения длительности импульса

10.8.3 Установить на генераторе импульсов

10.8.4 Г5-102 длительность импульса и период следования импульсов в соответствии с п. 10.8.1 и минимальное значение уровня выходного сигнала.

10.8.5 В прикладном программном обеспечении установить режим измерений длительности импульса и активировать два маркера на виртуальной шкале. Установить нулевые показания преобразователя NRP18P. Включить генератор импульсов Г5-102.

10.8.6 Установить на генераторе импульсов такую амплитуду выходного сигнала, чтобы мощность, измеряемая преобразователем NRP 18P, была равна 1 мВт.

10.8.7 В программном обеспечении установить маркеры на переднем и заднем фронте импульса, так, чтобы они находились максимально близко к его вершине. Зафиксировать показания маркеров в наносекундах.

10.8.8 Определить измеренное значение длительности импульса, как разность между показаниями маркеров.

Результат считать положительным, если значение относительной погрешности измерений длительности импульса не более  $\pm(0,1 \cdot \tau + 10)$ , где  $\tau$  равно 50 нс

## 11 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

11.1 Результаты определения КСВН входа преобразователя считать положительными, если значения КСВН входа преобразователя соответствуют значениям, указанным в таблице 1.

11.2 Относительная погрешность измерений мощности синусоидальных немодулированных колебаний, без учета погрешности из-за рассогласования, установки и дрейфа «нуля» рассчитывается по формуле (10)

$$\delta(\Theta) = \sqrt{\delta_{fk}^2(\Theta) + \delta_p^2(\Theta)} \quad (10)$$

где:  $\delta_{fk}^2(\theta)$  максимальное значение относительной погрешности измерений мощности зависящей от частоты для диапазонов от 50 МГц до 12 ГГц и от 12 ГГц до 18 ГГц;

$\delta_p^2(\theta)$  максимальное значение относительной погрешности измерений мощности зависящей от уровня мощности.

Результаты поверки считать положительными если пределы допускаемой приведенной погрешности не превышает значение  $\pm 6\%$ .

11.3 Относительная погрешность измерений мощности импульсно-модулированных колебаний, без учета погрешности из-за рассогласования рассчитывается по формуле (11).

$$\delta_{имп,i} = \left[ \left( \frac{P_{изм,i}}{P_{NRPC,i}} \right) - 1 \right] \cdot 100 \quad (11)$$

11.3.1 Занести результаты измерений и расчетов в таблицу 6.

Таблица 6

Значение мощности $P_{имп}$	$P_{NRPC}$	$P_{имп}$	$P_{изм}$	Относительная погрешность измерений $\delta_{имп}, \%$	Предел допускаемой относительной погрешности, %
20 мкВт					$\pm 9$
100 мкВт					$\pm 9$
1 мВт					$\pm 9$
10 мВт					$\pm 9$
100 мВт					$\pm 9$

11.3.2 Повторить операции п.п. 10.5.4 – 10.5.8 для всех значений мощности в соответствии с таблицей 7

Результаты считать положительными, если относительная погрешность измерений для всех значений мощности не превышает  $\pm 9\%$ .

11.4 Абсолютная погрешность установки «нуля», в режиме измерения средней мощности синусоидальных немодулированных колебаний рассчитывается по формуле (12)

$$P_{0\text{снк}} = P_{2\text{снк}} - P_{1\text{снк}} \quad (12)$$

Результат считать положительным, если значение  $P_{0\text{снк}}$  не более  $\pm 0,4$  нВт.

11.5 Абсолютная погрешность установки «нуля», в режиме измерений пиковой мощности импульсно-модулированных колебаний рассчитывается по формуле (11)

Результат считать положительным, если значение  $P_{0\text{имк}}$  не более  $\pm 10$  нВт.

11.5 Относительная погрешность измерений длительности импульса рассчитывается по формуле (13)

$$\delta_{\text{и}} = \frac{\tau - 50}{50} \times 100 \quad (13)$$

Результат считать положительным, если значение относительной погрешности измерений длительности импульса не более  $\pm(0,1 \cdot \tau + 10)$ , где  $\tau$  равно 50 нс

11.6 Результаты поверки считаются отрицательными если хотя бы по одному пункту методики поверки преобразователь не соответствует установленным требованиям

## 12 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

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

12.2 По заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, в случае положительных результатов поверки (подтверждено соответствие метрологическим требованиям) наносится знак поверки и (или) выдается свидетельство о поверке.

12.3 По заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, в случае отрицательных результатов поверки (не подтверждено соответствие метрологическим требованиям) выдается извещение о непригодности к применению.

12.4 Обязательное оформление протокола поверки не требуется. По заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, возможно оформление протокола поверки или оформление его на обороте свидетельства о поверки.

12.5 Способ защиты средства измерений от несанкционированного вмешательства представлен в описании типа, дополнительных действий по соблюдению требований по защите средства измерений от несанкционированного вмешательства не требуется.

Заместитель начальника управления – начальник отдела  
ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России



А.С. Швед