

1 ВВОДНАЯ ЧАСТЬ

1.1 Настоящая методика поверки (далее – МП) устанавливает методы и средства первичной и периодической поверок датчиков мощности RPR2006CR, RPR2006PR, RPR2018CR, RPR2018PR (далее – датчики мощности), изготовленных фирмой «Dare!! Instruments», Нидерланды.

Датчики до ввода в эксплуатацию и после ремонта подлежат первичной поверке, находящиеся в эксплуатации и на хранении подлежат периодической поверке.

1.2 Интервал между поверками 1 (один) год.

2 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

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

2.2 Не допускается проведение поверки отдельных измерительных каналов или отдельных автономных блоков или меньшего числа измеряемых величин или на меньшем числе поддиапазонов измерений.

Таблица 1

Наименование операции	Пункт МП	Проведение операций при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр	8.1	+	+
Опробование	8.2	+	+
Определение КСВН входа датчика	8.3	+	+
Определение относительной составляющей основной погрешности измерения мощности, зависящей от частоты	8.4	+	+
Определение относительной составляющей основной погрешности измерения мощности в диапазоне измерения мощности	8.5	+	+

3 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки датчиков мощности должны быть применены средства измерений, указанные в таблице 2.

Таблица 2

Пункт МП	Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
8.2	Машина трехкоординатная измерительная мультисенсорная DELTEC LEOS 200, погрешность измерений по оси Z E1 (контактные измерения) $\pm(2,5+L/250)$ мкм
8.3	Анализатор электрических цепей векторный/анализатор спектра ZVL3, диапазон частот от 9 кГц до 3 ГГц, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля коэффициента отражения $ S_{11} $ и $ S_{22} $ в диапазоне модуля коэффициента отражения от 0 до $-15 \text{ дБ} \pm 0,4 \text{ дБ}$, от -15 до $-25 \text{ дБ} \pm 1,0 \text{ дБ}$, от -25 до $-35 \text{ дБ} \pm 3,0 \text{ дБ}$; пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты $\pm 1 \cdot 10^{-6}$, диапазон установки мощности от минус 50 до 0 дБ/мВт Векторный анализатор электрических цепей ZVA 24, диапазон частот от 10 МГц до 24 ГГц, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля коэффициента отражения $ S_{11} $ и $ S_{22} \pm(0,4 - 3,0)$ дБ в зависимости от частоты измерений и измеренного значения $ S_{11} $ или $ S_{22} $

Продолжение Таблицы 2

Пункт МП	Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
8.4, 8.5	Генератор сигналов SMB100A с опцией B-106, диапазон частот от 9 кГц до 6 ГГц, диапазон выходной мощности от минус 120 до 18 дБ (1 мВт), пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты $\pm 1 \cdot 10^{-6}$, пределы допускаемой относительной погрешности установки мощности в режиме непрерывной генерации не более $\pm 0,9$ дБ
8.4	Генератор сигналов E8257D с опцией 1EU, диапазон частот от 250 кГц до 20 ГГц диапазон выходной мощности от минус 135 до 23 дБ (1 мВт), пределы допускаемой относительной погрешности установки мощности в режиме непрерывной генерации в диапазоне частот от 0,5 до 20 ГГц не более ± 1 дБ
8.4	Калибратор мощности СВЧ NRPC18, пределы допускаемой погрешности измерения мощности в диапазоне частот от 10 МГц 18 ГГц не более $\pm 2,5$ %, модуль эффективного коэффициента отражения выхода не более 0,07
8.5	Ваттметр поглощаемой мощности NRP18T, диапазон частот от 0 до 18 ГГц; Пределы допускаемой относительной погрешности измерения отношения двух уровней мощности одинаковой частоты $\pm 0,3\%$
8.5	Аттенюатор ступенчатый ручной 8496B, диапазон частот от 0 до 18 ГГц, значения ослабления от 0 до 110 дБ, шаг ослабления 10 дБ, предел допускаемой абсолютной погрешности установки ослабления от 0 до 60 дБ относительно опорного значения 0 дБ $\pm (0,5 - 1,8)$ дБ

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

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

4 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

4.1 Поверка должна осуществляться лицами с высшим или средним техническим образованием, аттестованными в качестве поверителей в установленном порядке, имеющими квалификационную группу электробезопасности не ниже второй.

4.2 Перед проведением поверки поверитель должен предварительно ознакомиться с документом «Датчики мощности RPR2006CR, RPR2006PR, RPR2018CR, RPR2018PR. Руководство по эксплуатации RPR2006/18/CR/PR-18 РЭ».

5 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

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

5.2 Средства поверки должны быть надежно заземлены в соответствии с документацией.

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

6 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха от 21 до 25 °С;
- относительная влажность воздуха, не более 80 %;

– атмосферное давление от 84,0 до 106,7 кПа (от 630 до 800 мм рт. ст.).

7 ПОДГОТОВКА К ПРОВЕДЕНИЮ ПОВЕРКИ

7.1. Поверитель должен изучить эксплуатационную документацию поверяемого датчика мощности и используемых средств поверки.

7.2. Перед проведением операций поверки необходимо проверить исправность кабелей и соединительных шнуров, провести внешний осмотр датчика мощности, убедиться в отсутствии механических повреждений и неисправностей.

8 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

8.1 Внешний осмотр

8.1.1 Внешний осмотр датчика мощности проводить визуальным осмотром без вскрытия, при этом необходимо проверить:

- комплектность, маркировку и пломбировку (наклейку) на соответствие документу «Датчики мощности RPR2006CR, RPR2006PR, RPR2018CR, RPR2018PR. Руководство по эксплуатации RPR2006/18/CR/PR-18 РЭ»

- целостность и чистоту разъемов ВЧ, USB и питания;

- целостность фирменной наклейки;

- отсутствие видимых повреждений, влияющих на работоспособность датчика.

8.1.2 Результат внешнего осмотра считать положительным, если:

- комплект поставки соответствует п. 2.2 документа RPR2006/18/CR/PR-18 РЭ;

- маркировка и пломбировка (наклейка) соответствует п. 2.3 документа RPR2006/18/CR/PR-18 РЭ;

- разъемы ВЧ и питания целы и чисты;

- отсутствуют видимые повреждения, влияющие на работоспособность измерителя мощности.

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

8.2 Проверка работоспособности

8.2.1 Определение присоединительных размеров входа датчиков мощности.

8.2.1.1 Определение присоединительных размеров входа датчиков мощности выполнять методом прямых измерений размеров соединителя «вилка» преобразователя при помощи машины трехкоординатной измерительной мультисенсорной DELTEC LEOS 200.

Результаты измерений зафиксировать в рабочем журнале.

8.2.1.2 Результаты определения присоединительных размеров входа датчиков мощности считать положительными, если присоединительные размеры находятся в диапазоне от 0 до минус 0,07 мм.

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

8.2.2 Проверка соответствия программного обеспечения СИ

8.2.2.1 Выполнить операции конфигурации оборудования и настройки ПО, выполнив п.п 3 RPR2006/18/CR/PR-18 РЭ. Вставить в свободный слот системы RadiCentre сменный модуль USB1004A (рисунок 1).

Включить питание системы RadiCentre. Подсоединить датчик мощности через USB-кабель, входящий в комплект поставки, к сменному модулю.

8.2.2.2 Выполнить операции инициализации и добавления датчика в список устройств ПО RadiMation, выполнив п.п 4.2 RPR2006/18/CR/PR-18 РЭ. Убедиться, что устройство готово к работе.

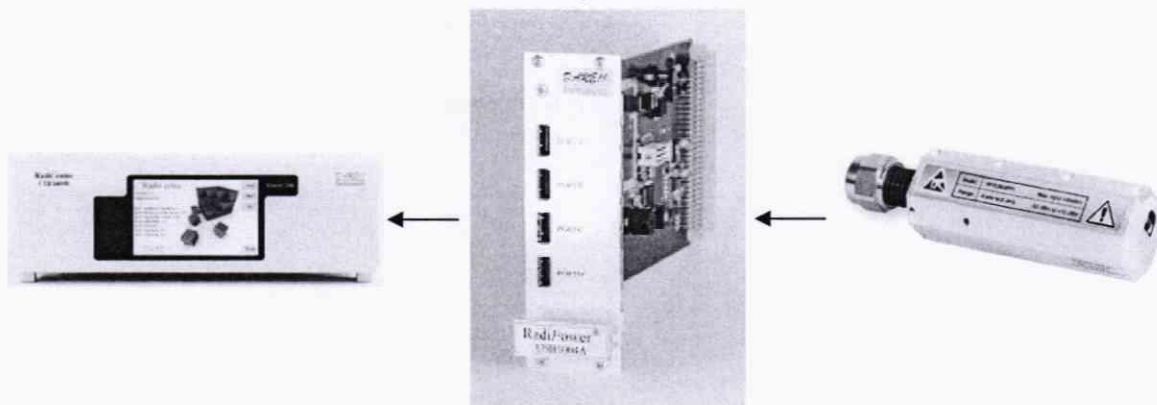


Рисунок 1 - Система RadiCentre, сменный модуль USB1004A и датчик RadiPower.

8.2.2.3 На экране системы RadiCenter (рисунок 2) наблюдать изменяющиеся значения мощности в графе RadiPower USB1004A.

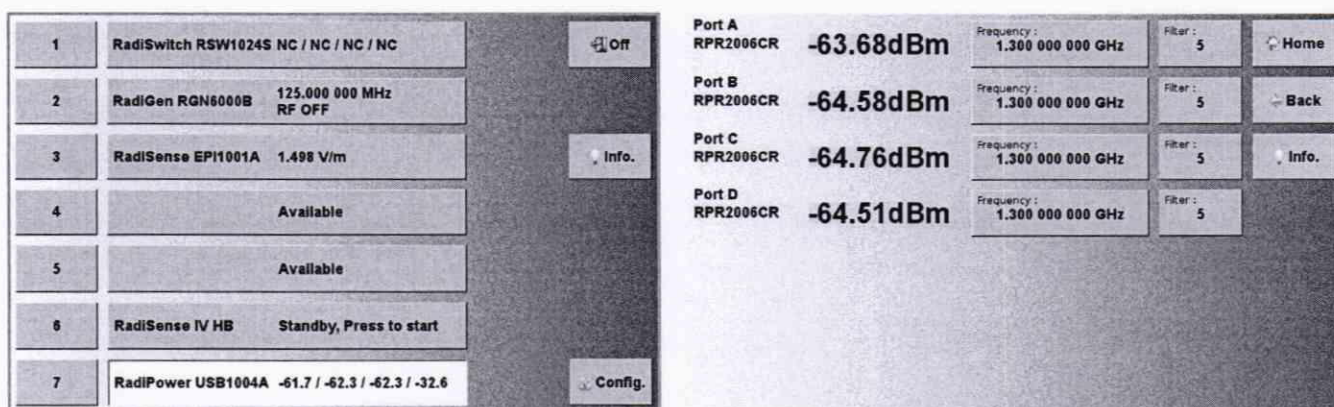


Рисунок 2 - Пример кнопки модуля RadiPower на главном экране.

Нажать кнопку «Info.» «Config.», наблюдать номер версии ПО и тип подключенного датчика.

Зарегистрировать в рабочем журнале тип отобразившегося датчика, а также версию ПО.

8.2.3 Результат проверки работоспособности поверяемого датчика мощности считать положительным, если:

– присоединительные размеры СВЧ разъемов датчиков мощности находятся в диапазоне от 0 до минус 0,07 мм;

– инициализация датчика прошла успешно;

– версия ПО «version 2016.2.10» и выше, тип подключенного датчика отобразился верно.

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

8.3 Определение КСВН входа датчика

8.3.1 Измерения для определения КСВН входа датчика мощности выполнять:

– в диапазоне частот от 9 кГц до 10 МГц с помощью анализатора электрических цепей векторного/анализатора спектра ZVL3 (далее – ZVL3);

– в диапазоне частот от 10 МГц до 18 ГГц с помощью векторного анализатора электрических цепей ZVA 24.

8.3.2 Измерения для определения КСВН входа проводить на частотах, указанных в таблице 3 для соответствующего типа датчика.

Таблица 3

Частоты	RPR2006CR/ RPR2006PR	RPR2018CR/ RPR2018PR	
9 кГц	+	-	
10 МГц		-	
30 МГц; 50 МГц		-	
80 МГц; 100 МГц		+	
от 0,25 до 3 ГГц с шагом 0,25 ГГц			
от 3 до 6 ГГц с шагом 0,5 ГГц			
от 6 до 18 ГГц с шагом 0,5 ГГц	-		

8.3.3 Результаты поверки считать положительными, если значения КСВН входа датчика мощности находятся в пределах, указанных в таблице 4.

Таблица 4

Диапазон частот	RPR2006CR/ RPR2006PR	RPR2018CR/ RPR2018PR
от 9 кГц до 10 МГц включ.	1,05	-
св. 10 до 80 МГц включ.		-
св. 80 до 100 МГц		1,20
от 100 МГц до 1 ГГц включ.		
св. 1 ГГц до 2 ГГц включ.	1,15	
св. 2 до 6 ГГц	1,35	
от 6 до 18 ГГц включ.	-	1,35

8.4 Определение составляющей относительной погрешности измерения мощности, зависящей от частоты

8.4.1 Определение составляющей относительной погрешности измерений, зависящей от частоты, на опорном уровне мощности 1 мВт проводить на частотах: 9 кГц; 10 МГц; 30 МГц; 50 МГц; далее от 250 МГц до 3 ГГц с шагом 250 МГц; от 3 ГГц до 18 ГГц с шагом 0,5 ГГц.

8.4.2 Определение составляющей относительной погрешности измерений, зависящей от частоты, на опорном уровне мощности 1 мВт в диапазоне частот от 9 кГц до 18 ГГц выполнять по схеме, приведенной на рисунке 3. Тип генератора сигналов выбрать из таблицы 2. В качестве рабочего эталона единицы мощности электромагнитных колебаний использовать калибратор мощности СВЧ NRPC18 (далее – РЭЕМ).

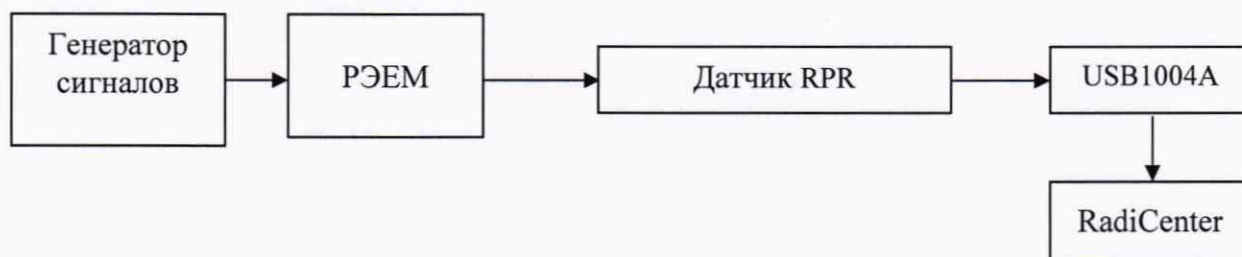


Рисунок 3 – Схема определения составляющей относительной погрешности измерений, зависящей от частоты, на опорном уровне мощности 1 мВт

8.4.3 Установить на генераторе сигналов частоту в соответствии с п. 8.4.1 и такой уровень мощности, чтобы мощность, измеряемая поверяемым датчиком мощности, была 1 мВт.

8.4.4 Выключить мощность на выходе генератора. Установить нулевые показания ваттметра.

Включить мощность на выходе генератора. Одновременно отсчитать показания

мощности РЭМ $P_{ЭТ}$ и датчика мощности $P_{ИЗМ}$. Результаты измерений зафиксировать в рабочем журнале.

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

8.4.6 Выполнить п. п. 8.4.4 – 8.4.5 три раза.

8.4.7 Выполнить п. п. 8.4.3 – 8.4.6 на всех частотах, приведенных в п. 8.4.1.

8.4.8 Рассчитать среднее арифметическое значение отношения показаний $\frac{P_{ИЗМ}}{P_{ЭТ}}$ для каждой частоты по формуле (1):

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

где $n=3$, $i = 1, 2, 3$.

8.4.9 Рассчитать составляющую относительной погрешности измерений мощности, зависящей от частоты, на опорном уровне мощности 1 мВт $\delta_f(\Theta)$, в %, на каждой частоте от 9 кГц до 18 ГГц по формуле (2):

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

Результаты расчета зафиксировать в рабочем журнале.

8.4.10 Полученные значения $\delta_f(\Theta)$, в %, должны находиться в пределах, указанных в таблице 5:
Таблица 5

Частоты	$\delta_f(\Theta)$, %	
	RPR2006CR/ RPR2006PR	RPR2018CR/ RPR2018PR
9 кГц	±6,1	-
10 МГц		-
30 МГц; 50 МГц		-
80 МГц; 100 МГц		±6,1
от 0,25 до 3 ГГц с шагом 0,25 ГГц		
св. 3 до 6 ГГц с шагом 0,5 ГГц	-	
св. 6 до 10 ГГц с шагом 0,5 ГГц	-	±12,3
св. 10 до 18 ГГц с шагом 0,5 ГГц	-	

8.5 Определение составляющей относительной погрешности измерения мощности, зависящей от уровня мощности

8.5.1 Определение составляющей относительной погрешности измерения мощности, зависящей от уровня мощности, выполнять относительно опорного уровня 1 мВт в соответствии со схемой измерений, приведенной на рисунке 4. Тип генератора сигналов выбрать из таблицы 2. В качестве рабочего эталона единицы мощности электромагнитных колебаний использовать ваттметр поглощаемой мощности NRP18T (далее – РЭМ).

8.5.2 Установить на генераторе сигналов частоту выходного сигнала 50 МГц.

8.5.3 Провести установку нуля датчика мощности. Атенюатор ступенчатый ручной 8496В (далее – аттенюатор 8496В) установить в положение «0».

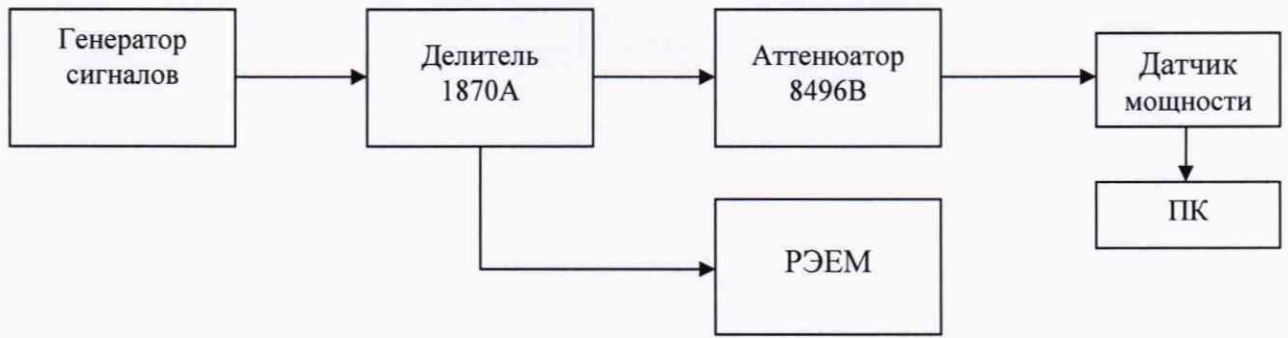


Рисунок 4 – Схема определения составляющей относительной погрешности измерения мощности, зависящей от уровня мощности

8.5.4 Включить мощность на генераторе сигналов и установить такую выходную мощность, чтобы показания РЭЕМ были близки к 10 дБ (1 мВт).

8.5.5 Одновременно снять показания датчика мощности $P_{RPR}^{10дБм}$ и показания РЭЕМ $P_{ЭТ}^{10дБм}$.

Результаты измерений зафиксировать в рабочем журнале.

Выключить мощность на генераторе сигналов.

8.5.6 Выполнить п. п. 8.4, 8.5.5 не менее 4 раз ($n \geq 4$).

8.5.7 Рассчитать среднее значение разности показаний датчика мощности и РЭЕМ A_{10}

по формуле (3):

$$A_{10} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} \left(P_{RPR}^{10дБм} - P_{ЭТ}^{10дБм} \right)_i, \quad (3)$$

где $i = 1, 2, 3, \dots, n$.

Результаты расчета фиксировать в рабочем журнале.

8.5.8 Включить мощность на генераторе сигналов и установить на выходе генератора сигналов такую выходную мощность, чтобы показания РЭЕМ были близки к 0 дБ (1 мВт).

8.5.9 Одновременно отсчитать показания датчика мощности $P_{RPR}^{0дБм}$ и показания РЭЕМ

$P_{ЭТ}^{0дБм}$. Результаты измерений зафиксировать в рабочем журнале.

Выключить мощность на генераторе сигналов.

8.5.10 Выполнить п. п. 8.5.8, 8.5.9 не менее 4 раз ($n \geq 4$).

8.5.11 Рассчитать среднее значение разности показаний датчика мощности и РЭЕМ A_0

по формуле (4):

$$A_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} \left(P_{RPR}^{0дБм} - P_{ЭТ}^{0дБм} \right)_i, \quad (4)$$

где $i = 1, 2, 3, \dots, n$.

Результаты расчета фиксировать в рабочем журнале.

8.5.12 Рассчитать значение относительной составляющей погрешности измерений мощности в диапазоне измерений мощности от 0 до 10 дБ (1 мВт) $\delta_{0дБм}(\Theta)$, по формуле (5):

$$\delta_{0дБм}(\Theta) = A_{10} - A_0, \quad (5)$$

Результаты расчета фиксировать в рабочем журнале.

8.5.13 Повторить п. п. 8.5.4 – 8.5.12 для положения аттенюатора 10, 20, 30, 40 для всех типов датчиков; датчики RPR2006CR, RPR2006PR дополнительно проверяются при положении аттенюатора 50.

Таблица 6

Положение аттенюатора	Верхний предел измеряемой мощности датчиком мощности, дБ (1 мВт)	Нижний предел измеряемой мощности датчиком мощности, дБ (1 мВт)
0	10	0
10	0	-10
20	-10	-20
30	-20	-30
40	-30	-40
50	-40	-50

8.5.14 Для каждого положения аттенюатора рассчитать по формуле (3) A_B , соответствующее верхнему пределу измеряемой мощности датчика мощности при одном из положений аттенюатора, и по формуле (4) A_H , соответствующее нижнему пределу измеряемой мощности датчиком мощности при том же положении аттенюатора.

8.5.15 Рассчитать значения погрешности, в дБ, по формулам (6):

$$\left\{ \begin{array}{l} \delta_{-10\text{дБм}}(\Theta) = -(A_B - A_H), \\ \text{где } A_B \text{ и } A_H \text{ получены при положении аттенюатора 10,} \\ \delta_{-20\text{дБм}}(\Theta) = \delta_{-10\text{дБм}}(\Theta) - (A_B - A_H), \\ \text{где } A_B \text{ и } A_H \text{ получены при положении аттенюатора 20,} \\ \dots \\ \delta_{-40\text{дБм}}(\Theta) = \delta_{-30\text{дБм}}(\Theta) - (A_B - A_H), \\ \text{где } A_B \text{ и } A_H \text{ получены при положении аттенюатора 40,} \\ \delta_{-50\text{дБм}}(\Theta) = \delta_{-40\text{дБм}}(\Theta) - (A_B - A_H), \\ \text{где } A_B \text{ и } A_H \text{ получены при положении аттенюатора 50,} \end{array} \right. \quad (6)$$

Результаты расчета фиксировать в рабочем журнале.

8.5.18 Результаты поверки считать положительными, если значения погрешности, полученные по формуле (6) находятся в пределах, указанных в таблице 7:

Таблица 7

Составляющая относительной погрешности измерения мощности, зависящая от уровня мощности, дБ	RPR2006CR, RPR2006PR	RPR2018CR, RPR2018PR
$\delta_{0\text{дБм}}(\Theta)$	±0,05	±0,24
$\delta_{-10\text{дБм}}(\Theta)$	±0,05	±0,24
$\delta_{-20\text{дБм}}(\Theta)$	±0,10	±0,48
$\delta_{-30\text{дБм}}(\Theta)$	±0,15	±0,72
$\delta_{-40\text{дБм}}(\Theta)$	±0,20	±0,96
$\delta_{-50\text{дБм}}(\Theta)$	±0,25	-
$\delta_{-60\text{дБм}}(\Theta)$	-	-

9 ФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

9.1 Результаты поверки оформить протоколом.

9.2 Датчик мощности признается годным, если в ходе поверки все результаты поверки положительные.

9.2 На датчик мощности, признанный годным, выдается свидетельство о поверке установленной формы.

9.3 Датчик мощности, имеющий отрицательные результаты поверки, в обращение не допускается и на него выдается Извещение о непригодности к применению с указанием причин непригодности.

Начальник НИО-1 ФГУП «ВНИИФТРИ»

О.В. Каминский

Научный сотрудник НИО-1 ФГУП «ВНИИФТРИ»

В.А. Семенов