

1940

УТВЕРЖДАЮ  
Начальник ФЦИСИ «Воентест»  
32 ГИИИ МО РФ  
ВОЕНТЕСТ С.И. Донченко  
2009 г.



## ИНСТРУКЦИЯ

**ВАТТМЕТР СВЧ С БЛОКОМ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМ NRT И ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ  
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМ NRT-Z44  
ФИРМЫ «RONDE & SCHWARZ GmbH & Co. KG», ГЕРМАНИЯ**

**МЕТОДИКА ПОВЕРКИ**

г. Мытищи,  
2009 г.

## 1 Общие сведения

1.1 Данная методика распространяется на ваттметр СВЧ с блоком NRT измерительным, зав. № 103708, и преобразователем измерительным NRT-Z44, зав. №103181 (далее по тексту – ваттметр), изготовленный фирмой «Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG», Германия, и устанавливает порядок проведения первичной и периодических проверок.

1.2 Межповерочный интервал - 1 год.

## 2 Операции проверки

2.1 Перед проведением проверки ваттметр должен быть прогрет в течение не менее 30 минут. Время прогрева средств проверки установлено в соответствующих эксплуатационных документах.

2.2 При проверке выполняют операции, представленные в таблице 1.

Таблица 1

Операции проверки	Номер пункта методики	Обязательность проверки параметров	
		при ввозе импорта (после ремонта)	периодическая проверка
1 Внешний осмотр	8.1	да	да
2 Опробование	8.2	да	да
3 Определение метрологических характеристик	8.3		
3.1 Определение присоединительных размеров коаксиальных соединителей	8.3.1	да	да
3.2 Определение модуля эффективного коэффициента отражения выхода	8.3.2	да	да
3.3 Определение абсолютной погрешности установки нуля	8.3.3	да	да
3.4 Определение относительной погрешности измерений мощности	8.3.4	да	да

## 3 Средства проверки

3.1 При проведении проверки используются средства измерений и вспомогательное оборудование, представленные в таблице 2.

3.2 Все средства измерений применяемые при проверке должны быть исправны, поверены и иметь свидетельства о проверке или оттиск поверительного клейма на средстве измерений или технической документации.

Таблица 2

№ пункта методики проверки	Эталонные СИ, испытательное оборудование и вспомогательная аппаратура
8.2	Генератор стабильного тока ГСТ-2 (диапазон частот от 150 до 300 МГц; мощность выходного сигнала до 50 Вт) Генератор сигналов Г4-159 (диапазон частот от 300 до 700 МГц; мощность выходного сигнала не менее 50 Вт) Генераторы сигналов высокочастотные: Г4-160 (диапазон частот от 700 до 1000 МГц; мощность выходного сигнала не менее 50 Вт)

№ пункта методики поверки	Эталонные СИ, испытательное оборудование и вспомогательная аппаратура
	<p>Г4-78 (диапазон частот от 1,16 до 1,78 ГГц, пределы допускаемой погрешности установки частоты <math>\pm 0,5 \%</math>)</p> <p>Г4-79 (диапазон частот от 1,78 до 2,56 ГГц, пределы допускаемой погрешности установки частоты <math>\pm 0,5 \%</math>)</p> <p>Г4-80 (диапазон частот от 2,56 до 4,0 ГГц, пределы допускаемой погрешности установки частоты <math>\pm 0,5 \%</math>)</p> <p>Частотомер электронно-счетный ЧЗ-66 (диапазон рабочих частот от 10 Гц до 37,5 ГГц, пределы допускаемой относительной погрешности по частоте опорного генератора <math>\pm 5 \cdot 10^{-7}</math>)</p> <p>Линия измерительная коаксиальная Р1- 17 (диапазон частот от 0,5 до 3,0 ГГц, <math>K_{сгУ} \leq 1,07</math>, где <math>K_{сгУ}</math> - измеренное значение коэффициента стоячей волны по напряжению).</p> <p>Линия измерительная Р1-34 (диапазон частот от 2,0 до 18,0 ГГц, <math>K_{сгУ} \leq 1,07</math> до 10 ГГц).</p> <p>Измеритель отношения напряжения В8-7 (пределы допускаемой погрешности измерений отношения напряжения <math>\pm (5-6) \%</math> в диапазоне измерений от 1 до 10; <math>\pm 2,5 \%</math> в диапазоне измерений от 10 до 1000; <math>\pm 4 \%</math> в диапазоне измерений от 1000 до 3160)</p> <p><i>Вспомогательное оборудование:</i></p> <p>Переход III – N</p>
8.3.1	<p>Комплект для измерений соединителей коаксиальных КИСК-7 (пределы допускаемой погрешности калибров-пробок <math>\pm 0,008</math> мм, пределы допускаемой погрешности индикаторов часового типа <math>\pm 0,02</math> мм, пределы допускаемой погрешности устройств измерений несоосности <math>\pm 0,03</math> мм)</p>
8.3.2	<p>Генератор стабильного тока ГСТ-2</p> <p>Генератор сигналов Г4-159</p> <p>Генератор сигналов высокочастотный Г4-160</p> <p>Генератор сигналов высокочастотный Г4-78</p> <p>Генератор сигналов высокочастотный Г4-79</p> <p>Генератор сигналов высокочастотный Г4-80</p> <p>Частотомер электронно-счетный ЧЗ-66</p> <p>Измерительная линия Р1-17</p> <p>Измерительная линия Р1-34</p> <p>Измеритель отношения напряжения В8-7</p> <p><i>Вспомогательное оборудование:</i></p> <p>Переход III – N</p>
8.3.3	<p>Генератор стабильного тока ГСТ-2</p> <p>Генератор сигналов высокочастотный Г4-159</p> <p>Генератор сигналов высокочастотный Г4-160</p> <p>Генератор сигналов высокочастотный Г4-78</p> <p>Генератор сигналов высокочастотный Г4-79</p> <p>Генератор сигналов высокочастотный Г4-80</p> <p>Частотомер электронно-счетный ЧЗ-66</p> <p>Ваттметр поглощаемой мощности МЗ-54 (диапазон частот от 0 до 17,85 ГГц, диапазон измерений мощности от <math>10^{-4}</math> до 1 Вт; пределы допускаемой относительной погрешности поверки по коэффициенту калибровки в рабочем диапазоне частот <math>\pm 1,5 \%</math>)</p> <p>Нагрузка ПИ2.243.915 из комплекта Г4-160 (пределы допускаемой</p>

№ пункта методики поверки	Эталонные СИ, испытательное оборудование и вспомогательная аппаратура
	погрешности поверки на частоте 700 МГц ± 0,01 дБ) <i>Вспомогательное оборудование:</i> Переход III – N
8.3.4	Генератор стабильного тока ГСТ-2 Генераторы сигналов Г4-159 Генераторы сигналов высокочастотный Г4-160 Генератор сигналов высокочастотный Г4-78 Генератор сигналов высокочастотный Г4-79 Генератор сигналов высокочастотный Г4-80 Частотомер электронно-счетный ЧЗ-66 Ваттметр поглощаемой мощности МЗ-54 Нагрузка ПИ2.243.915 из комплекта Г4-160 <i>Вспомогательное оборудование:</i> Переход III – N

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

#### 4 Требования к квалификации поверителей

4.1 К проведению поверки ваттметра допускается инженерно-технический персонал со среднетехническим или высшим радиотехническим образованием, имеющий опыт работы с радиотехническими установками, ознакомленный с эксплуатационной документацией и документацией по поверке и имеющий право на поверку.

#### 5 Требования безопасности

5.1 К работе с преобразователем допускаются лица, изучившие требования безопасности по ГОСТ 22261-94, инструкцию по правилам и мерам безопасности и прошедшие инструктаж на рабочем месте.

5.2 Запрещается проведение измерений при отсутствии или неисправности заземления аппаратуры.

#### 6 Условия поверки

6.1 Поверку проводить при следующих условиях:

температура окружающего воздуха, °С	20 ± 5;
относительная влажность воздуха, %	65 ± 15;
атмосферное давление, кПа	100 ± 4 (750 ± 30 мм рт. ст.);
напряжение питания от сети переменного тока частотой (50 ± 0,5) Гц, В	220 ± 4,4.

#### 7 Подготовка к поверке

7.1 Подготовить средства поверки к работе в соответствии с руководствами по эксплуатации.

7.2 Поверитель должен изучить техническую документацию фирмы-изготовителя поверяемого ваттметра и инструкции по эксплуатации используемых средств поверки.

7.3 Перед проведением операций поверки необходимо:

- проверить комплектность поверяемого ваттметра для проведения поверки;
- проверить комплектность рекомендованных (или аналогичных им) средств поверки, заземлить (если это необходимо) необходимые рабочие эталоны, средства измерений и включить питание заблаговременно перед очередной операцией поверки (в соответствии с

временем установления рабочего режима, указанным в технической документации).

## **8 Проведение поверки**

### **8.1 Внешний осмотр**

Внешним осмотром установить соответствие ваттметра требованиям технической документации фирмы-изготовителя. Проверить отсутствие механических повреждений и ослабления элементов конструкции, сохранность механических органов управления и четкость фиксации их положения, четкость обозначений, чистоту и исправность разъемов и гнезд, наличие предохранителей, наличие и целостность печатей и пломб.

Результаты внешнего осмотра считать положительными, если выполняются вышеперечисленные требования.

Ваттметр, имеющий дефекты (механические повреждения), дальнейшей поверке не подвергают, бракуют и направляют в ремонт.

### **8.2 Опробование**

Подключить преобразователь измерительный NRT-Z44 к соответствующему соединителю блока измерительного NRT. Собрать схему изображенную на рисунке 1. Нажать клавишу «ON/STBY». Убедиться в отсутствии сообщений о неисправностях при самоконтроле. В соответствии с технической документацией фирмы-изготовителя подготовить ваттметр к работе в режиме измерения мощности СВЧ. Убедиться в возможности переключения режимов измерений, установки нуля, установки частоты, а также отображений на индикаторе блока измерительного результатов измерений при подаче мощности СВЧ с генератора сигналов высокочастотного Г4-160.

Результаты поверки считать положительными, если при проверке работоспособности выполняются вышеперечисленные требования, в противном случае ваттметр бракуется и отправляется в ремонт.

### **8.3 Определение метрологических характеристик**

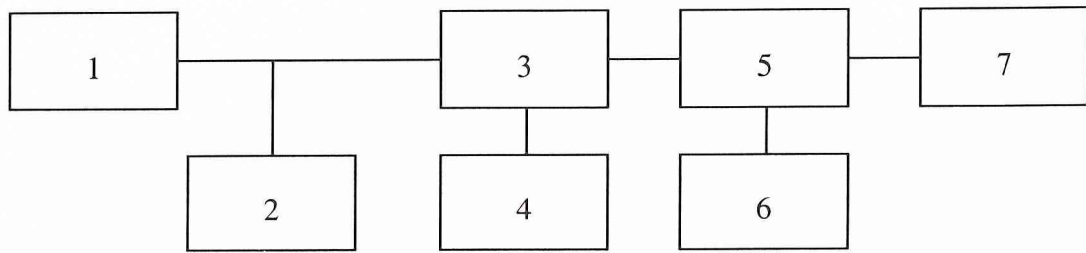
#### **8.3.1 Определение присоединительных размеров коаксиальных соединителей**

Соответствие присоединительных размеров коаксиальных соединителей ваттметра определить сличением основных размеров с указанными в ГОСТ РВ 51914-2002 (с использованием комплекта КИСК – 7).

Результаты поверки считать положительными, если присоединительные размеры коаксиальных соединителей соответствуют типу N (вилка), указанным в ГОСТ РВ 51914-2002.

#### **8.3.2 Определение модуля эффективного коэффициента отражения выхода ваттметра**

Проверку модуля эффективного коэффициента отражения выхода ваттметра проводить по схеме, представленной на рисунке 1.



- 1 генератор СВЧ ГСТ-2 (генераторы сигналов высокочастотные Г4-160, Г4-78, Г4-79)
- 2 частотомер ЧЗ-66
- 3 преобразователь измерительный испытываемого ваттметра
- 4 блок измерительный испытываемого ваттметра
- 5 линия измерительная Р1- 17 (Р1-34)
- 6 измеритель отношения напряжений В8-7
- 7 подвижный короткозамыкатель из комплекта Р1-17 (Р1-34)

Рисунок 1

Подготовить ваттметр к работе в соответствии с технической документацией фирмы изготовителя.

Установить частоту генератора СВЧ ГСТ-2  $f_g$  равную 0,5 ГГц.

Установить мощность генератора СВЧ  $P_{on}$  по показаниям ваттметра равную 100 мВт.

Последовательно через  $0,05-0,06 \lambda g$  (где  $\lambda g$  - длина волны в волноводе) в пределах от 0 до  $0,06 \lambda g$  изменить фазу коэффициента отражения подвижной короткозамкнутой нагрузки на  $18-20^\circ$ , при этом каждый раз зонд измерительной линии помещать в максимуме стоячей волны. Поддерживать уровень мощности близкий к 50 мВт по показаниям ваттметра. Допускается изменение мощности ваттметра в пределах 20 %. При каждом положении короткозамыкателя определять отношение показаний ваттметра к показаниям индикатора измерительной линии.

Рассчитать значения модуля эффективного коэффициента отражения по формуле 1:

$$|\Gamma_g| = \frac{|\alpha_{\max}| + |\alpha_{\min}|}{4\alpha_0}, \quad (1)$$

где  $\alpha_0$  - показания ваттметра при подключении к его выходу согласованной нагрузки из комплекта линии измерительной;

$\alpha_{\max}$ ,  $\alpha_{\min}$  - максимальное и минимальное показания ваттметра.

Повторить измерения на частотах в соответствии с таблицей 3.

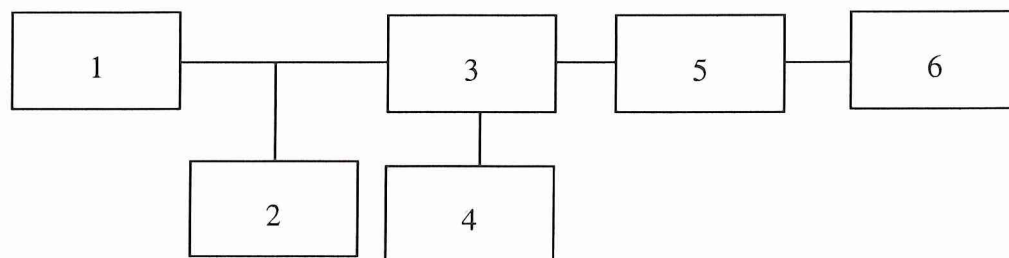
Таблица 3

Тип ваттметра	Частота $f_j$ , ГГц
Ваттметр СВЧ с блоком измерительным NRT и преобразователем измерительным NRT-Z44	0,5; 0,75; 1,0; 1,25; 1,5; 1,75; 2,0; 2,25; 2,5; 2,75; 3,0; 3,5; 4,0

Результаты поверки считать положительными, если значения модуля эффективного коэффициента отражения для ваттметра не превышают значений 0,03.

### 8.3.3 Определение абсолютной погрешности установки нуля

Проверку абсолютной погрешности установки нуля проводить по схеме, представленной на рисунке 2.



1 генератор ГСТ-2 (генераторы сигналов высокочастотные Г4-159, Г4-160, Г4-78, Г4-79, Г4-80).

2 частотомер электронно-счетный ЧЗ-66

3 преобразователь измерительный испытываемого ваттметра

4 блок измерительный испытываемого ваттметра

5 переход N – III.

6 ваттметр поглощаемой мощности МЗ-54.

Рисунок 2

Провести установку нуля ваттметра в соответствии требованиям технической документацией фирмы изготовителя. За абсолютную погрешность установки нуля принимаются показания блока измерительного после установки нуля при отсутствии сообщения об ошибке.

Результаты поверки считать удовлетворительными, а значения абсолютной погрешности установки нуля находятся в пределах  $\pm 4$  мВт.

### 8.3.4 Определение относительной погрешности измерений мощности

#### 8.3.4.1 Определение случайной относительной погрешности измерений мощности

Проверку случайной относительной погрешности измерений мощности ваттметра проводить по схеме, представленной на рисунке 2 в следующей последовательности :

установить частоту генератора Г4 - 160  $f_{\text{в}}$  равную 700 МГц;

установить мощность генератора СВЧ  $P_{\text{он}}$  по показаниям МЗ-54 равную 30 мВт;

установить нулевые показания блока индикации (FSH6) ваттметра и рабочего эталона (МЗ-54);

подать мощность СВЧ, и после установления показаний одновременно считать показания блока индикации ваттметра ( $P_n$ ) и рабочего эталона МЗ-54 ( $P_o$ );

выключить мощность СВЧ и определить отношение результатов измерений мощности ваттметром  $P_n$  и рабочим эталоном  $P_o$  (с учетом ослабления перехода).

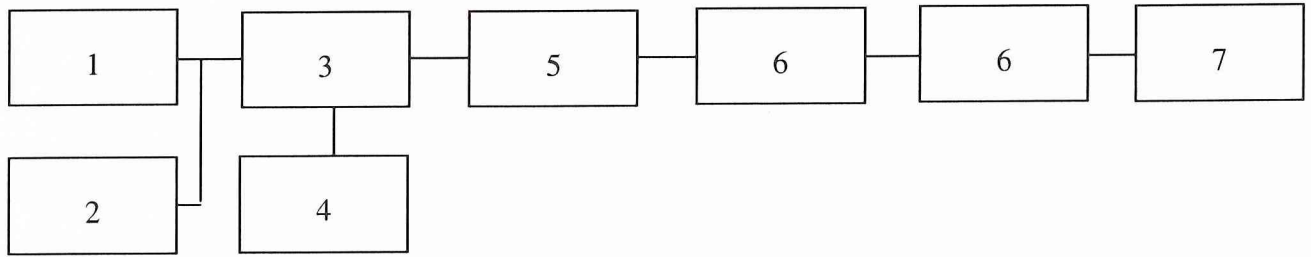
Повторить определение отношения  $P_n/P_o$  10 раз (с перефланцовкой ваттметра) и рассчитать среднее арифметическое значение  $(P_n/P_o)_{\text{ср}}$ .

Рассчитать составляющую случайной погрешности  $\delta_{\text{сл}}$  по формуле 2:

$$\delta_{\text{сл}} = \frac{(P_n / P_o)_{\text{макс}} - (P_n / P_o)_{\text{мин}}}{(P_n / P_o)_{\text{ср}}} * 0,31, \quad (2)$$

Значения погрешности  $\delta_{\text{сл}}$  должны находится в пределах  $\pm 1,2$  %.

8.3.4.2 Определить составляющую относительной погрешности измерений мощности  $\delta_{11}$ , зависящую от значения измеряемой мощности и составляющую относительной погрешности измерений мощности  $\delta_{1j}$ , зависящую от частоты входного сигнала в следующем порядке. Собрать схему представленную на рисунке 3.



1 генератор ГСТ-2 (генераторы сигналов высокочастотные Г4-159, Г4-160, Г4-78, Г4-79, Г4-80).

2 частотомер электронно-счетный ЧЗ-66

3 преобразователь измерительный испытываемого ваттметра

5 переход N – III.

6 аттенюатор нагрузки ПИ2.243.915 из комплекта Г4-160

7 ваттметр поглощаемой мощности МЗ-54.

Рисунок 3

Провести установку нуля ваттметра. Установить частоту генератора Г4-160  $f_{on} = 700$  МГц.

Определить составляющую относительной погрешности измерений мощности  $\delta_{11}$ , зависящую от измеряемой мощности при значениях мощности генератора  $P_i$  указанных в таблице 4 по формуле 3:

$$\delta_{11} = [(P_n / (10^{\frac{10 \text{Log} P_0 + A}{10}}))_{срi} - 1] \times 100, \% \quad (3)$$

где  $(P_n / (10^{\frac{10 \text{Log} P_0 + A}{10}}))_{срi}$  - среднее арифметическое значение отношения результатов измерений мощности ваттметром  $P_n$  и рабочим эталоном (МЗ-54) с учетом ослабления, вносимым аттенюатором нагрузки ПИ2.243.915 из комплекта Г4-160, ( $P_0$ );

$A$  – суммарное значение ослабления нагрузок ПИ2.243.915 указанное в свидетельстве о поверке.

Таблица 4

Тип ваттметра	Мощность $P_{on}$ , Вт
Ваттметр СВЧ с блоком измерительным NRT и преобразователем измерительным NRT-Z44	1; 10; 50

Собрать схему представленную на рисунке 2 и провести измерения для уровня мощности 0,03 Вт.

Погрешность рассогласования  $\delta_p$ , рассчитать по формуле 4:

$$\delta_p = 2 \cdot |\Gamma_o| \cdot |\Gamma_n| * 100, \% \quad (4)$$



где  $|\Gamma_o|$  - модуль эффективного коэффициента отражения выхода рабочего эталона (ваттметра);

$|\Gamma_n|$  - модуль коэффициента отражения испытываемого ваттметра;

$$|\Gamma_n| = \frac{K-1}{K+1}, \quad (5)$$

где  $K$  – КСВН выхода испытываемых ваттметра.

Собрать схему согласно рисунку 2.

Определить составляющую погрешности измерений мощности  $\delta_{1j}$ , зависящую от частоты входного сигнала  $f_j$ , на опорном значении мощности генератора  $P_{on} = 30$  мВт и частотах  $f_j$  указанных в таблице 3 по формуле 6:

$$\delta_{1j} = [(P_n / P_o)_{срj} - 1] \times 100, \quad \%, \quad (6)$$

где  $(P_n / P_o)_{срj}$  - среднее арифметическое значение отношения результатов измерений мощности ваттметром  $P_n$  и рабочим эталоном (ваттметра)  $(P_o)$ ;

$A$  – суммарное значение ослабления нагрузок ПИ2.243.915 указанное в свидетельстве о поверке.

По результатам расчетов определить максимальные значения составляющих погрешности измерений мощности  $\delta_{11} = \delta_{11max}$  и  $\delta_{1j} = \delta_{1jmax}$ .

Значения  $\delta_{11max}$  и  $\delta_{1jmax}$  не должны превышать значения погрешности измерений ( $\delta_{из}$ ), определяемого по формуле 7:

$$\delta_{из} = \pm(\sqrt{\delta_{сл}^2 + \delta_1^2} + \gamma\delta_p), \quad \%, \quad (7)$$

где  $\delta_{сл}$  - случайная погрешность, определяемая в соответствии с п. 9.8.1;

$\delta_1$  - предел допускаемой относительной погрешности рабочего эталона;

$\delta_p$  – погрешность рассогласования

$\gamma$ - коэффициент, зависящий от соотношения

$$\frac{3\delta_p}{\sqrt{\delta_{сл}^2 + \delta_1^2}}, \quad (8)$$

где  $\delta_p$  – погрешность рассогласования;

$\delta_{сл}$  - случайная погрешность поверки;

$\delta_1$  - предел допускаемой погрешности рабочего эталона

и определяемый по таблице 5.

Таблица 5

Значение параметра $\frac{3\delta_p}{\sqrt{\delta_{сл}^2 + \delta_1^2}}$	0	1	2	4	6	8	10	$\infty$
Значение коэффициента $\gamma$	0	0,53	0,70	0,85	0,93	0,97	0,98	1

Расчетное значение погрешности измерений ( $\delta_{из}$ ) должно находиться в пределах  $\pm 4,8$  %.

8.3.4.3 Относительную погрешность измерений мощности ваттметром рассчитать по формуле 9:

$$\delta_{np} = \delta_{i1max} + \delta_{jmax} - \delta_{i1}, \% \quad (9)$$

где:  $\delta_{i1}$  – значение погрешности на опорном уровне мощности при опорной частоте;

По результатам расчетов определить максимальные значения погрешности измерений мощности.

Результаты поверки считать положительными, если значения  $|\delta_{np}|$  не превышают 0,8 от предела допускаемой относительной погрешности измерений мощности, определяемой по технической документации фирмы-изготовителя  $\pm 6 \%$ .

## 9 Оформление результатов поверки

9.1 При положительных результатах поверки оформляется свидетельство о поверке с указанием полученных метрологических и технических характеристик, которое выдается владельцу ваттметра.

9.2 При отрицательных результатах поверки применение ваттметра запрещается, на него выдается извещение о непригодности к применению с указанием причин.

Начальник отдела ГЦИ СИ  
«Воентест» 32 ГНИИИ МО РФ

Научный сотрудник ГЦИ СИ  
«Воентест» 32 ГНИИИ МО РФ



В.Л. Воронов



А.А. Закутин