

«УТВЕРЖДАЮ»

Руководитель ГЦИ СИ,
И.о. Генерального директора
ФГУП «ВНИИФТРИ»



М.В. Балаханов

" май 2011 г.

**ИЗМЕРИТЕЛЬ МОЩНОСТИ СВЧ И КОЭФФИЦИЕНТА
СТОЯЧЕЙ ВОЛНЫ NRT**

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

NRT 1080.9506.02-2011 МП

2011 г.

Настоящая методика предназначена для проведения поверки измерителей мощности СВЧ и коэффициента стоячей волны NRT с первичными измерительными преобразователями NRT-Z14, NRT-Z43, NRT-Z44, NAP-Z7 (далее – преобразователи), изготовленных фирмой «Rohde&Schwarz», Германия.

1. Условия поверки

При проведении операций поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$;
- относительная влажность воздуха не более 80 %;
- атмосферное давление $(84 \div 106,7)$ кПа
- напряжение сети $(220 \pm 4,4)$ В;
- частота сети $(50 \pm 0,5)$ Гц с содержанием гармоник до 5 %.

2. Операции поверки

2.1. При проведении поверки должны выполняться операции, указанные в табл. 1.

Таблица 1

Наименование операций поверки	Номер пункта МП	Проведение операций при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр	5.1	Да	Да
Проверка присоединительных размеров коаксиальных соединителей	5.2.	Да	Да
Опробование	5.3.	Да	Да
Определение КСВН входа и выхода преобразователей	5.4	Да	Да
Определение диапазона измеряемых мощностей и линейности шкалы мощности	5.5	Да	Да
Определение допускаемой погрешности измерения мощности непрерывных синусоидальных сигналов СВЧ	5.6	Да	Да
Определение допускаемой погрешности измерения мощности $P_{изм}$ импульсно-модулированных сигналов СВЧ	5.7	Да	Нет

3. Средства поверки

3.1. Основные технические характеристики на средства поверки приведены в табл. 2.

Таблица 2

Номер пункта методики поверки	Наименование и тип основного или вспомогательного средства поверки и основные технические характеристики средства поверки
5.2	Комплект КИСК 7 ТУ-50-493-85
5.3	Генератор сигналов SMF100А, AFG3022В; ваттметр поглощаемой мощности МЗ-54
5.4	Анализаторы электрических цепей векторные ZVA 24, ZVL 3
5.5	Катушки электрического сопротивления Р331, Р310, Р231, источник питания Е3631А, вольтметр универсальный В7-78/1, генератор сигналов SMF100А, ваттметр МЗ-54, усилитель (25 и 400 МГц, 100 Вт: AR 50W1000В), аттенюатор (100 Вт, 20 дБ)
5.6	Генератор сигналов SMF100А, ваттметр поглощаемой мощности эталонный ВПМЭ-2, усилитель (от 1 до 4000 МГц, 10 Вт: AR 50W1000В, AR 10ST1G18А), аттенюатор (100 Вт, 20 дБ, КСВН<1,1)
5.7	Генератор сигналов SMF100А, ваттметр МЗ-54, усилитель (от 1 до 4000 МГц, 10 Вт: AR 50W1000В, AR 10ST1G18А), аттенюатор (100 Вт, 20 дБ, КСВН<1,1)

Примечания: 1) Средства измерений должны быть поверены.

2) Допускается применение других средств измерений с аналогичными метрологическими характеристиками.

4. Требования безопасности при поверке

При проведении операций поверки должны быть соблюдены меры безопасности, указанные в соответствующих разделах руководства по эксплуатации измерителя NRT и инструкциях по эксплуатации средств измерений, используемых при поверке.

5. Проведение поверки

Перед проведением операций поверки необходимо произвести подготовительные работы, оговоренные в разделе руководства по эксплуатации «Подготовка к работе» и в РЭ применяемых средств поверки.

5.1. Внешний осмотр

При проведении внешнего осмотра проверяется:

- комплектность прибора;
- целостность прибора и отсутствие видимых механических повреждений корпуса, органов регулировки и настройки, соединителей ВЧ;
- работоспособность всех органов управления – кнопок, ручек настройки.

Прибор, имеющий дефекты, бракуется.

5.2. Проверка присоединительных размеров коаксиальных соединителей.

Проверку присоединительных размеров коаксиального соединителей со стороны входа и выхода преобразователей проводят методом прямых измерений размеров соединителя «розетка» преобразователя по методике руководства по эксплуатации комплекта КИСК 7. Проверяется размер: $5,26^{-0,08}$ мм.

Если размер соединителей не соответствуют допуску, прибор бракуется

5.3. Опробование.

Включить измеритель. При загрузке встроенного ПО должна высветиться название программного продукта и его версия «R&S® Firmware, Version 1.8».

- Опробование работы прибора для оценки его исправности проводить путем измерения мощности 100 мВт преобразователями NRT-Z14, NRT-Z43, NRT-Z44, выдаваемой генератором SMF100A на частоте 1 ГГц, и мощности 200 мВт преобразователем NAP-Z7, выдаваемой генератором AFG 3022B. К выходу преобразователя подключить ваттметр МЗ-54. При этом проверяется возможность измерений: мощности, КСВН.

Прибор годен, если показания ваттметра проходящей мощности NRT (далее ваттметра) и МЗ-54 отличаются не более чем на 10 % при измерении мощности, а измеренное значение КСВ МЗ-54 не превышает 1,20.

5.4. Определение КСВН преобразователей

Измерения КСВН преобразователей NRT-Z43 и NRT-Z44 проводят на анализаторе электрических цепей векторном ZVA 24, а преобразователей NRT-Z14 и NAP-Z7 на анализаторе электрических цепей векторном ZVL 3.

После калибровки анализатора по выходу тип N «розетка» в диапазоне рабочих частот испытуемого преобразователя, к нему подключается вход испытуемого преобразователя, а к выходу испытуемого преобразователя подключается согласованная нагрузка ЭК9-140. Проводятся измерения КСВН входа преобразователя. Аналогично, проводятся измерения КСВН выхода.

Результат проверки считается положительным, если КСВН преобразователей не превышает:

- 1,03 для преобразователя NAP-Z7;
- 1,06 для преобразователя NRT-Z14;
- 1,06 для преобразователей NRT-Z43 и NRT-Z44 в диапазоне частот до 3 ГГц;
- 1,12 для преобразователей NRT-Z43 и NRT-Z44 в диапазоне частот от 3 ГГц до 4 ГГц.

5.5. Определение диапазона измеряемых мощностей и линейности шкалы прибора

Определение диапазона измеряемых мощностей и линейности шкалы мощности проводится путем сравнения показаний испытуемого прибора и исследованного по линейности ваттметра поглощаемой мощности.

В качестве ваттметра поглощаемой мощности применяется аттенюатор большой мощности (выдерживающий нагрузку 100 Вт), к выходу которого подключен ваттметр поглощаемой мощности МЗ-54. И аттенюатор, и ваттметр проверяют на изменение коэффициента преобразования в диапазоне мощностей на постоянном токе.

Для проверки аттенюатора собрать схему рис. 2. Установить такое напряжение на выходе латра, чтобы на входе аттенюатора рассеивалась мощность 100 мВт. Отсчитать показания U_1 и U_2 – показания вольтметров на катушке сопротивления перед аттенюатором и на входе аттенюатора, U_3 – напряжения на выходе аттенюатора. Увеличить напряжение на выходе латра на столько, чтобы выделяемая на входе аттенюатора мощность постоянного тока была примерно равной 100 Вт. Отсчитать показания источника питания U_1' , U_2' и U_3' . Нелинейность аттенюатора рассчитать по формуле:

$$\delta K_{\Pi}(A) = \left[\frac{U_1'^2 \cdot U_2'^2 \cdot U_3^2}{U_3'^2 \cdot U_1 \cdot U_2} - 1 \right] \cdot 100\%.$$

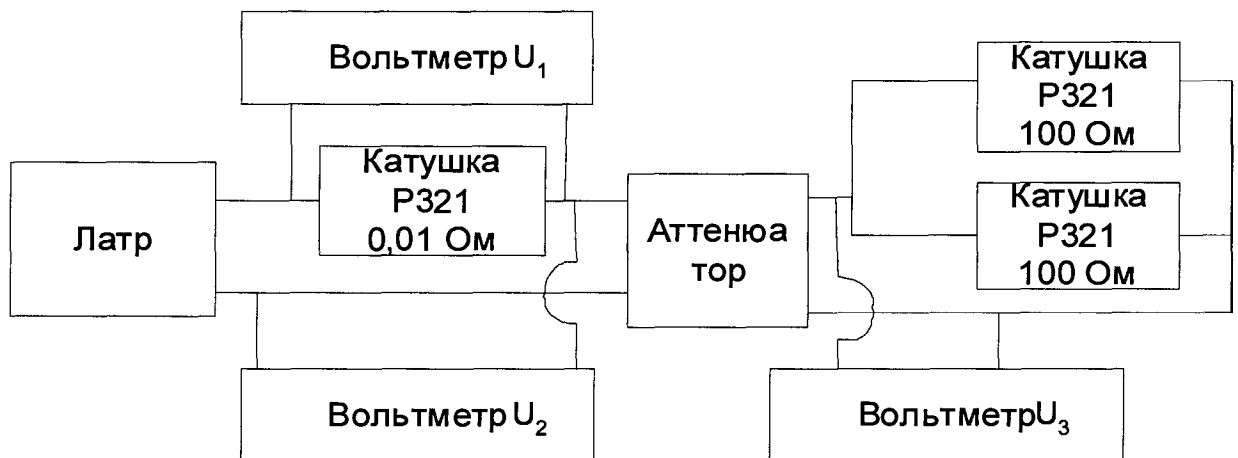


Рис.1. Схема определения изменения коэффициента преобразования аттенюатора в диапазоне мощностей.

Для проверки ваттметра поглощаемой мощности МЗ-54 собрать схему рис.2. Установить такое напряжение на входе ваттметра, чтобы показания ваттметра были 30-40 мВт. Отсчитать показания ваттметра N_1 и вольтметров U_1 и U_1' . Установить такое напряжение на выходе источника питания, чтобы мощность на входе ваттметра составляла 250 мВт. Отсчитать показания ваттметра N_2 и вольтметров U_2 и U_2' . Установить мощность на входе

1 Вт и повторить отсчет показаний N_3 , U_3 и U_3' . Рассчитать изменение коэффициента преобразования ваттметра в диапазоне 40 мВт – 250 мВт и 40 мВт – 1 Вт по формулам:

$$\delta K_{\Pi}(B)_{0,25} = \frac{N_2}{U_2 \cdot U_2'} \frac{U_1 \cdot U_1'}{N_1} - 1;$$

$$\delta K_{\Pi}(B)_{1,0} = \frac{N_3}{U_3 \cdot U_3'} \frac{U_1 \cdot U_1'}{N_1} - 1.$$



Рис.2. Схема определения изменения коэффициента преобразования ваттметра М3-54 в диапазоне мощностей.

Для проведения измерений линейности испытуемого ваттметра собрать схему измерений рис.3. Для каждого преобразователя достаточно выбрать одну частоту (соответствующая максимальной мощности на выходе используемого усилителя). Перед проведением измерений следует убедиться в отсутствии искажений несущей на выходе усилителя при максимальной мощности, для чего вместо ваттметра М3-54 (рис.3.) подключить через аттенюатор 30 дБ анализатор сигналов FSV3 и убедиться в отсутствии паразитной амплитудной (не более 0,3 %) и импульсной модуляций, а также отсутствия гармоник несущей, превышающей 30 дБ, относительно несущей.

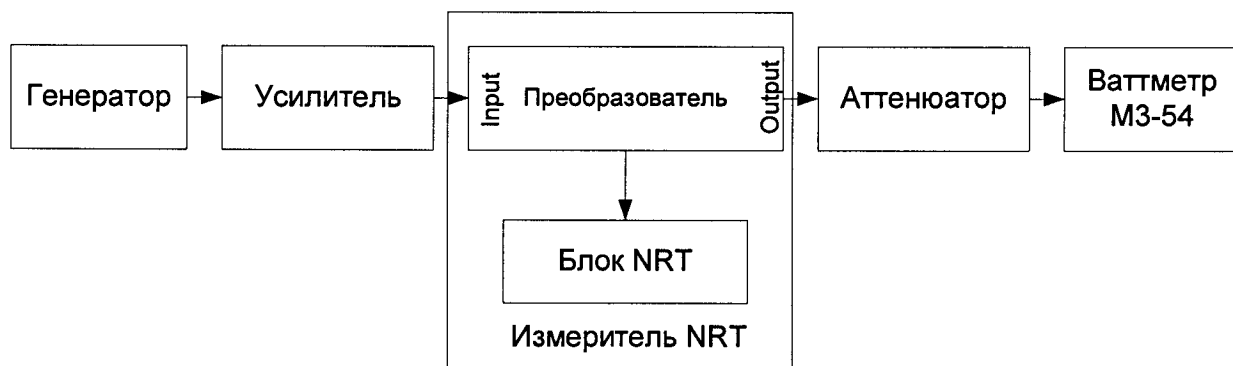


Рис.3. Схема определения линейности шкалы ваттметра NRT.

Измерения проводят при двух мощностях для каждого типа преобразователя:

0,5 Вт и 100 Вт для преобразователя NRT-Z14, NRT-Z44;

0,1 Вт и 30 Вт для преобразователя NRT-Z43;

1 Вт и 100 Вт для преобразователя NAP-Z7.

Погрешность из-за нелинейности определить по следующим формулам:

- для преобразователя NRT-Z43

$$\delta_H = \left[\left(\frac{P_{NRT}}{N_{M3-54}} \right)_2 \left(\frac{P_{NRT}}{N_{M3-54}} \right)_1^{-1} - 1 \right] - \delta K_{II}(B)_{0,25} - \delta K_{II}(A)$$

$\left(\frac{P_{NRT}}{N_{M3-54}} \right)_1$, $\left(\frac{P_{NRT}}{N_{M3-54}} \right)_2$ - отношения показаний ваттметров при малом и большом

значении мощности, соответственно.

- для преобразователей NRT-Z14, NRT-Z44 и NAP-Z7:

$$\delta_H = \left[\left(\frac{P_{NRT}}{N_{M3-54}} \right)_2 \left(\frac{P_{NRT}}{N_{M3-54}} \right)_1^{-1} - 1 \right] - \delta K_{II}(B)_{1,0} - \delta K_{II}(A).$$

Результат поверки считается положительным, если значение $|\delta_H|$ не превышает 1,2 %.

5.6. Определение допускаемой погрешности измерения мощности непрерывных синусоидальных сигналов СВЧ.

Измерения проводятся два раза: один – при измерении проходящей к нагрузке мощности, второй – отраженной от неё. Для этого собрать схему измерений рис.3. – вместо ваттметра МЗ-54 следует использовать ВПМЭ-2, или аналогичный ваттметр, предел допускаемой погрешности измерения мощности 50 мВт которого не превышает 1,6 %. Измерения проводить при мощности приблизительно равной 5 Вт. Для каждого преобразователя провести измерения на частотах, указанных в табл. 4.

Таблица 4. Частоты для определения допускаемой погрешности измерения мощности непрерывных синусоидальных сигналов СВЧ

№	Тип преобразователя	Частоты	Используемые усилители
1	NRT-Z14	0,025; 0,05; 0,1; 0,2; 0,4; 0,8; 1,0 ГГц	AR 50W1000B (1-1000 МГц)
2	NRT-Z43	0,4; 0,8; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0 ГГц	AR 50W1000B (1-1000 МГц) AR 10ST1G18A (0,8-18 ГГц)
3	NRT-Z44	0,2; 0,4; 0,8; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0 ГГц	AR 50W1000B (1-1000 МГц) AR 10ST1G18A (0,8-18 ГГц)
4	NAP-Z7	1,5; 10; 20; 30 МГц	AR 50W1000B (1-1000 МГц)

Для расчета погрешности необходимо определить ослабление аттенюатора. Для этого провести измерения ослабления в соответствии с разделом «7.3. Измерение коэффициента преобразования фиксированного масштабного преобразователя мощности» ВПМЭ-2-001 РЭ. Провести два измерения отношения показаний УПВ-1 и ВПМЭ-2: без аттенюатора и с аттенюатором. Измерения следует провести на следующих частотах: 25, 50, 100, 200, 400, 800, 1000 МГц, 1,5, 2,0, 2,5, 3,0, 3,5 и 4,0 ГГц. Ослабление аттенюатора рассчитать по формуле:

$$A = \left(\frac{P_{\text{ВПМЭ-2}}}{P_{\text{УПВ-1}}} \right)_1 \cdot \left(\frac{P_{\text{ВПМЭ-2}}}{P_{\text{УПВ-1}}} \right)_2^{-1},$$

где $\left(\frac{P_{\text{ВПМЭ-2}}}{P_{\text{УПВ-1}}} \right)_1$ - отношение показаний ваттметра с аттенюатором;

$\left(\frac{P_{\text{ВПМЭ-2}}}{P_{\text{УПВ-1}}} \right)_2$ - отношение показаний ваттметра без аттенюатора.

Погрешность погрешности измерения мощности непрерывных синусоидальных сигналов СВЧ измерителем NRT рассчитать по формуле:

$$\delta(f_i) = \left[\frac{P_{\text{NRT}} \cdot A}{P_{\text{ВПМЭ-2}}} - 1 \right] \cdot 100\%$$

Результат проверки считается положительным, если значение $|\delta(f_i)|$ не превышает:

3,0 % для измерителя с преобразователями NRT-Z14, NRT-Z43, NRT-Z44.

6 % для измерителя с преобразователем NAP-Z7.

5.7. Определение допустимой погрешности измерения мощности $P_{\text{изм}}$ импульсно-модулированных сигналов СВЧ.

Определение допустимой погрешности измерения мощности импульсно-модулированных сигналов СВЧ проводится при измерении отношения измеренного значения пиковой мощности к среднему значению мощности амплитудно-модулированного сигнала с коэффициентом модуляции $K_{\text{AM}} = 80\%$. Для этого собрать схему рис. 3.

Выключить мощность на выходе генератора. Установить на генераторе и поверяемом измерителе нужную частоту: 400 МГц для преобразователей NRT-Z14, NRT-Z43, NRT-Z44 и 25 МГц для преобразователя NAP-Z7. Поверяемый измеритель установить в режим измерения средней мощности (AVG).

Включить мощность на выходе генератора, добиться чтобы показания поверяемого измерителя были примерно равны 4 Вт. Отсчитать показания измерителя $N(\text{NRT})_1$ и ваттметра МЗ-54 $N(\text{МЗ})_1$.

Установить на выходе генератора амплитудно-модулированный сигнал с частотой модуляции 400 Гц и $K_{AM}=80\%$. Отсчитать показания измерителя $N(NRT)_2$ и ваттметра МЗ-54 - $N(M3)_2$.

Рассчитать по формуле действительное значение K_{AM} на выходе усилителя:

$$K_{AM} = \sqrt{\frac{N(M3)_2}{N(M3)_1} - 0,5}.$$

Если K_{AM} меньше 80 %, то регулировкой K_{AM} на выходе генератора добиться 80 %.

Погрешность измерения средней мощности модулированных колебаний рассчитать по формуле:

$$\delta(AVG) = \left[\frac{N(NRT)_2}{N(NRT)_1} \frac{N(M3)_1}{N(M3)_2} - 1 \right] \cdot 100\%.$$

Установить измеритель в режим измерения пиковой мощности (PEP), фильтр видео полосы 4 кГц. Отсчитать показание измерителя $N(NRT)_3$.

Погрешность измерения пиковой мощности рассчитать по формуле:

$$\delta(PEP) = \left[\frac{N(NRT)_3}{N(NRT)_2} \frac{1}{2,46} - 1 \right] \cdot 100\%$$

Прибор признается годным, если $|\delta(PEP)| \leq 8\%$ для измерителя с преобразователями NRT-Z14, NRT-Z43, NRT-Z44 и $|\delta(PEP)| \leq 15\%$ для измерителя с преобразователем NAP-Z7.

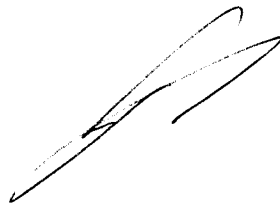
6. Оформление результатов поверки

6.1. Ваттметр считается годным и на него выдается свидетельство о поверке в соответствии с Правилами ПР 50.2.006-94.

6.2. Отрицательные результаты поверки оформляются в соответствии с требованиями ПР 50.2.006-94.94.

Начальник НИО-2
ФГУП «ВНИИФТРИ»

М.н.с. лаборатории 201
ФГУП «ВНИИФТРИ»



Тищенко В.А.



Чирков И.П.