

СОГЛАСОВАНО

Первый заместитель генерального
директора - заместитель по научной
работе ФГУП «ВНИИФТРИ»

_____ А.Н. Щипунов



_____ 2025 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Ваттметры проходящей мощности ВПРМ-5000

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 111-25-002

р.п. Менделеево
2025 г.

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки (далее – МП) устанавливает методы и средства первичной и периодической поверок ваттметров проходящей мощности ВПРМ-5000 (далее - ваттметры).

1.2 Первичной поверке подлежат ваттметры, до ввода их в эксплуатацию. Периодической поверке подлежат ваттметры, находящиеся в эксплуатации, на хранении и после ремонта.

1.3 При проведении поверки должна быть обеспечена прослеживаемость поверяемых ваттметров к государственному первичному эталону единиц величин к ГЭТ 26-2010 «Государственный первичный эталон единицы мощности электромагнитных колебаний в волноводных и коаксиальных трактах в диапазоне частот от 0,03 до 37,5 ГГц» в соответствии с Приказом Росстандарта от 30.12.2019 г. № 3461 «ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений мощности электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 9 кГц до 37,5 ГГц».

1.4 Поверка ваттметров может осуществляться только аккредитованным на проведение поверки лицом в соответствии с его областью аккредитации, в соответствии с законодательством Российской Федерации об аккредитации в национальной системе аккредитации.

1.5 При проведении поверки необходимо руководствоваться настоящей методикой и эксплуатационной документацией на ваттметры и на используемое при поверке оборудование. Методика поверки реализуется посредством методов прямых измерений, методов косвенных измерений и непосредственным сличением.

1.6 В результате поверки ваттметров должны быть подтверждены следующие требования, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Диапазон рабочих частот, МГц	от 1,5 до 30,0
КСВН входа в диапазоне частот от 1,5 до 30 МГц, не более: – измерительный блок ВПРМ (вход X1 и X2) – НО-1 (вход/выход) – НО-5 (вход/выход)	1,06 1,06 1,06
Диапазон значений коэффициентов ответвления направленных ответвителей, дБ – НО-1 – НО-5	от 27,0 до 28,0 от 34,5 до 35,5
Пределы допускаемой абсолютной погрешности коэффициентов ответвления направленных ответвителей НО-1 и НО-5 (относительно паспортного значения), дБ	$\pm 0,086$
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений мощности непрерывных синусоидальных сигналов в режиме работы «Поверка», %	± 6

Продолжение таблицы 1

Наименование характеристики	Значение
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений мощности непрерывных синусоидальных сигналов и пиковой мощности амплитудно-модулированных сигналов в режимах работы «НО-1» и «НО-5» в диапазоне измерений мощности $P_{пр}$, %: – НО-1 от 1 до 1000 – НО-5 от 1000 до 5000	непрерывных синусоидальных сигналов: $\pm [8 + (P_{пр} / P_{изм} - 1)]^*$; пиковой мощности амплитудно-модулированных сигналов с частотой модуляции 1 кГц и глубиной 100 %: $\pm [12 + (P_{пр} / P_{изм} - 1)]^*$.
Диапазон измерений КСВН	от 1,01 до 4,20
Пределы допускаемой погрешности измерения КСВН в диапазоне КСВН нагрузки, % – от 1,01 до 1,99 – от 2,00 до 4,20	± 10 ± 15
* $P_{изм}$ – мощность измеряемых сигналов; $P_{пр}$ – предел измерения мощности: 10 Вт, 30 Вт, 100 Вт, 300 Вт, 1000 Вт, 1,5 кВт, 5 кВт	

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

2.1 При проведении поверки ваттметров должны быть выполнены операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Операции поверки

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операции поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр	да	да	7
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	да	да	8
Проверка программного обеспечения средства измерений	да	да	9
Проверка диапазона рабочих частот	да	да	10.1
Проверка КСВН входа в рабочем диапазоне частот	да	да	10.2
Проверка значений коэффициентов ответвления направленных ответвителей	да	да	10.3
Определение абсолютной погрешности коэффициентов ответвления направленных ответвителей НО-1 и НО-5	да	да	10.4
Определение относительной погрешности измерений мощности непрерывных синусоидальных сигналов в режиме работы «Поверка»	да	да	10.5

Продолжение таблицы 2

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операции поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Определение относительной погрешности измерений мощности непрерывных синусоидальных сигналов и пиковой мощности амплитудно-модулированных сигналов в режимах работы «НО-1» и «НО-5» в диапазоне измерений мощности	да	да	10.6
Проверка диапазона измерений КСВН и определение относительной погрешности измерений КСВН	да	да	10.7

2.2 При получении отрицательных результатов при выполнении любой из операций, приведенных в таблице 2, поверка прекращается и ваттметр признается непригодным к применению.

2.3 Поверка в ограниченном диапазоне или меньшего числа измеряемых величин не допускается.

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться нормальные условия:

- температура окружающего воздуха, °C от плюс 15 до плюс 25
- относительная влажность окружающего воздуха, %, не более 80
- атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.) от 84,0 до 106,7
(от 630 до 800)

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 Поверка должна осуществляться лицами с высшим или средним техническим образованием, аттестованными в качестве поверителей в установленном порядке и имеющим третью квалификационную группу электробезопасности.

4.2 Перед проведением поверки поверитель должен предварительно ознакомиться с документом ИЯЛТ.411151.004 РЭ «Ваттметр проходящей мощности ВПРМ-5000. Руководство по эксплуатации» (далее – РЭ).

5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

5.1 При проведении поверки ваттметров должны быть применены средства измерений, указанные в таблице 3.

Таблица 3 – Перечень средств поверки

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
10.1 Проверка диапазона рабочих частот	Генератор сигналов с диапазоном рабочих частот в режиме выходного синусоидального сигнала: 1 мГц – 30 МГц, ($ПГ \pm 2 \cdot 10^{-5}$), диапазоном установки размаха напряжения выходного сигнала на нагрузке 50 Ом: от 10 мВ до 10 В; $ПГ \pm (0,01 \cdot U + 1 \text{ мВ})$. Измеритель КСВН с диапазоном частот от 300 кГц до 1300 МГц, пределами допускаемой абсолютной погрешности измерений КСВН в диапазоне от 1,03 до 3: $\pm (2,4 \cdot \text{КСВН})$	Генератор сигналов АКИП-3402 (рег. № 40102-08)
10.2 Проверка КСВН входа в рабочем диапазоне частот		Измеритель комплексных коэффициентов передачи Обзор-103 (рег. № 29612-05)
10.3 Проверка диапазона значений коэффициентов ответвления направленных ответвителей	Нагрузка согласованная с диапазоном рабочих частот от 1,5 до 30 МГц, КСВН нагрузки $1 \pm 0,025$. Средство измерений мощности с пределами допускаемой основной относительной погрешности измерений мощности без учета погрешностей из-за рассогласования, установки и дрейфа «нуля» $\pm 0,9 \%$.	Набор мер КСВН и полного сопротивления 1-го разряда ЭК9-140 Ваттметр поглощаемой мощности СВЧ NRP18T (рег. № 69958-17)
10.5 Определение относительной погрешности измерений мощности непрерывных синусоидальных сигналов в режиме работы «Поверка»	Генератор сигналов с диапазоном рабочих частот в режиме выходного синусоидального сигнала: 1 мГц – 30 МГц, ($ПГ \pm 2 \cdot 10^{-5}$), диапазоном установки размаха напряжения выходного сигнала на нагрузке 50 Ом: от 10 мВ до 10 В; $ПГ \pm (0,01 \cdot U + 1 \text{ мВ})$. Средство измерений мощности электромагнитных колебаний, соответствующее рабочему эталону не ниже 3 разряда по государственной поверочной схеме для средств измерений мощности электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 9 кГц до 37,5 ГГц, утвержденной приказом Росстандарта №3461 от 30.12.2019. Средство измерений мощности с диапазоном рабочих частот от 1,5 до 30 МГц, диапазон измерений непрерывных колебаний от 10 Вт до 6000 Вт, пределы допускаемой основной погрешности ваттметра: $\pm [5 + 0,1 \cdot (P_k/P_x - 1)]$.	Генератор сигналов АКИП-3402 (рег. № 40102-08)
10.6 Определение относительной погрешности измерений мощности непрерывных синусоидальных сигналов и пиковой мощности амплитудно-модулированных сигналов в режимах работы «НО-1» и «НО-5» в диапазоне измерений мощности		Ваттметр поглощаемой мощности СВЧ NRP18T (рег. № 69958-17) Ваттметр поглощаемой мощности МК3-69 (рег. № 9960-85)
10.7 Проверка диапазона измерений КСВН и определение относительной погрешности измерений КСВН	Нагрузка согласованная с диапазоном рабочих частот от 1,5 до 30 МГц, КСВН нагрузки $1 \pm 0,025$. Нагрузка рассогласованная с диапазоном рабочих частот от 1,5 до 30 МГц, КСВН нагрузки $3 \pm 0,1$.	Набор мер КСВН и полного сопротивления 1-го разряда ЭК9-140 (рег. № 8485-81)

Продолжение таблицы 3

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
Раздел 8, 10.1 – 10.7	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от +15°C до +25°C с абсолютной погрешностью не более 1°C. Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 0% до 80 % с абсолютной погрешностью не более 2 %. Средства измерений атмосферного давления от 630 до 800 мм рт. ст. (от 84,0 до 106,7 кПа) с абсолютной погрешностью не более ±3 гПа.	Измеритель влажности и температуры ИВТМ-7, рег. № 15500-07
Примечание – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.		

Таблица 4 – Перечень вспомогательных средств поверки

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
10.5 Определение относительной погрешности измерений мощности непрерывных синусоидальных сигналов в режиме работы «Поверка»	КСВН входа не более 1,15, коэффициент передачи $S_{21} = S_{31} = -(6 \pm 0,5)$ дБ	Делитель мощности ДМС2А-18-11Р
10.6 Определение относительной погрешности измерений мощности непрерывных синусоидальных сигналов и пиковой мощности амплитудно-модулированных сигналов в режимах работы «НО-1» и «НО-5» в диапазоне измерений мощности	Ослабление 40 дБ	Аттенюатор 1500-WA-FFN-40
	Активное сопротивление 50 Ом ±10%, рассеиваемая мощность до 1250 Вт	Нагрузка поглощающая или эквивалент нагрузки 50 Ом
	Рассеиваемая мощность до 6000 Вт, активное сопротивление 12 Ом ±10%.	Нагрузка поглощающая или эквивалент нагрузки 12 Ом
	Выходная мощность от 1 до 10 Вт, 50 Ом, уровень высших гармонических составляющих не превышает -30 дБ, уровень нелинейных искажений не превышает -36 дБ	Усилитель мощности
	Выходная мощность от 10 до 500 Вт, 50 Ом, уровень высших гармонических составляющих не превышает -60 дБ, уровень нелинейных искажений не превышает -30 дБ	Усилитель мощности

Продолжение таблицы 4

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
	Диапазон рабочих частот 1,5 – 30 МГц, выходная мощность 5000 Вт с допуском ± 1 дБ, уровень высших гармонических составляющих не превышает -60 дБ, уровень нелинейных искажений не превышает -30 дБ	Усилитель мощности
	Диапазон рабочих частот 1,5 – 30 МГц, выходная мощность 1000 Вт с допуском ± 1 дБ, уровень высших гармонических составляющих не превышает минус 60 дБ, уровень нелинейных искажений не превышает минус 30 дБ	Усилитель мощности

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

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

6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки ваттметра необходимо соблюдать требования безопасности, регламентируемые действующими правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок, действующими санитарно-эпидемиологическими правилами и нормативами при работе с СВЧ излучением, необходимо соблюдать требования, указанные в документе ИЯЛТ.411151.004 РЭ и в РЭ на средства измерений (эталонов) и испытательное оборудование.

6.2 Средства поверки должны быть надежно заземлены в соответствии с эксплуатационной документацией.

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

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 Внешний осмотр ваттметра провести визуально без вскрытия, при этом необходимо проверить:

- комплектность, маркировку и пломбировку (наклейку) на соответствие РЭ;
- целостность и чистоту разъемов ВЧ и питания;
- отсутствие видимых повреждений, влияющих на работоспособность ваттметра.

7.2 Результат внешнего осмотра считать положительным, если:

- комплект поставки соответствует п. 1.4 РЭ;
- маркировка и пломбировка (наклейка) соответствует п. 1.3 РЭ;
- разъемы ВЧ и питания целы и чисты;
- отсутствуют видимые повреждения, влияющие на работоспособность ваттметра.

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

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Включить ваттметр в соответствии с п. 2.3 РЭ.

При включении питания ваттметр на дисплей выводятся показания. В верхнем поле отображается показание среднего значения мощности, а в нижнем поле – КСВН. При этом предел измерения мощности по умолчанию выбирается автоматически, что сопровождается словом «авто» на шкале под верхним полем, приведено на рисунке 1.

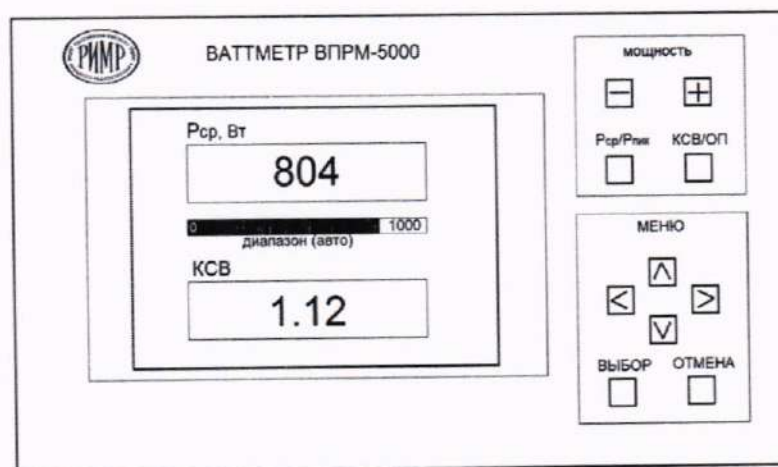


Рисунок 1 – Внешний вид лицевой панели ваттметра ВПРМ-5000

8.2 Убедиться в том, что все кнопки и органы управления функционируют в соответствии с п. 2.4.2 РЭ.

8.3 Убедиться в возможности переключения между режимами работы «НО-1» и «НО-5» п. 2.4.2 РЭ.

8.4 Результаты поверки считать положительными, если ваттметр включился, на экране дисплея наблюдалось окно, отображенное на рисунке 1, кнопки и органы управления функционируют, переключение между режимами работы «НО-1» и «НО-5» возможно.

9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

9.1 Для проведения проверки выполнить следующие операции:

- включить блок измерительный ваттметра;
 - перейти в меню и выбрать раздел «Версия ПО»;
 - наблюдать версию ПО не ниже: Apr 21 2025;
- Результат наблюдения зафиксировать в протоколе.

9.2 Результаты поверки считать положительными, если наименование и версия ПО соответствуют приведенным в таблице 5.

Таблица 5 – Идентификационные признаки

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	ИЯЛТ.00366-01
Номер версии (идентификационный номер) ПО, не ниже	Apr 21 2025
Цифровой идентификатор ПО (контрольная сумма исполняемого кода)	—
Алгоритм вычисления цифрового идентификатора ПО	—

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

10.1 Проверка диапазона рабочих частот

10.1.1 Проверку диапазона рабочих частот проводить одновременно с п.п. 10.2 – 10.7.

10.1.2 Результаты поверки считать положительными, если:

– измеренные значения КСВН входов X1 и X2 измерительного блока ВПРМ-5000, НО-1 и НО-5 в диапазоне рабочих частот не превышают 1,06;

– коэффициент ответвления направленных ответвителей A_i находится в пределах:

НО-1 от 27,0 до 28,0 дБ;

НО-5 от 34,5 до 35,5 дБ;

– значения относительной погрешности измерений мощности непрерывных синусоидальных сигналов в режиме работы «Поверка» в диапазоне рабочих частот находятся в пределах $\pm 6\%$.

– в диапазоне рабочих частот от 1,5 до 30,0 МГц относительная погрешность измерений мощности непрерывных синусоидальных сигналов находится в пределах:

$$\pm[8+(P_{\text{пр}}/P_{\text{изм}}-1)],$$

где $P_{\text{изм}}$ – мощность измеряемых сигналов;

$P_{\text{пр}}$ – предел измерения мощности: 10 Вт, 30 Вт, 100 Вт, 300 Вт, 1000 Вт, 1,5 кВт, 5 кВт;

– относительная погрешность измерений КСВН ($\delta_{\text{ок}}$) в диапазоне измерений КСВН от 1,01 до 1,99 в диапазоне рабочих частот во всем диапазоне мощностей не превышает $\pm 10\%$, а в диапазоне КСВН от 2,00 до 4,20 в диапазоне рабочих частот во всем диапазоне мощностей не превышает $\pm 15\%$.

10.2 Проверка КСВН входа в диапазоне рабочих частот

10.2.1 Проверку КСВН проводить методом прямых измерений при помощи измерительных комплексных коэффициентов передачи Обзор-103 (далее – Обзор-103).

10.2.2 Подготовить Обзор-103 к однопортовым измерениям в диапазоне частот от 1,5 до 30 МГц.

10.2.3 Подключить к входу X1 ($U_{\text{пад}}$) измерительного блока ВПРМ-5000 измерительный порт Обзор-103.

10.2.4 Установить маркер на максимальное значение КСВН и зафиксировать в протоколе измеренное значение.

10.2.5 Отключить измерительный порт Обзор-103 от входа X1 ($U_{\text{пад}}$).

10.2.6 Подключить к входу X2 ($U_{\text{отр}}$) измерительного блока ВПРМ-5000 измерительный порт Обзор-103.

10.2.7 Установить маркер на максимальное значение КСВН и зафиксировать в протоколе измеренное значение.

10.2.8 Отключить измерительный порт Обзор-103 от измерительного блока ВПРМ-5000.

10.2.9 Подключить к выходу ответвителя направленного НО-1 нагрузку Э9-159 из состава наборов мер КСВН и полного сопротивления 1-го разряда ЭК9-140.

10.2.10 Подключить измерительный порт Обзор-103 к ВЧ входу НО-1.

10.2.11 Установить маркер на максимальное значение КСВН и зафиксировать в протоколе измеренное значение.

10.2.12 Повторить операции п.п. 10.2.8–10.2.11 для ответвителя направленного НО-5.

10.2.13 Результаты поверки считать положительными, если измеренные значения КСВН входов X1 и X2 измерительного блока ВПРМ-5000, НО-1 и НО-5 в диапазоне рабочих частот не превышают 1,06.

10.3 Проверка значений коэффициентов ответвления направленных ответвителей

- 10.3.1 Подготовить NRP18T в соответствии с руководством по эксплуатации.
10.3.2 Подключить к источнику СВЧ сигналов NRP18T.
10.3.3 Установить частоту источника СВЧ сигналов и NRP18T равную 1,5 МГц.
10.3.4 Установить уровень сигнала на выходе источника СВЧ по показаниям NRP18T равный $(18 \pm 0,1)$ дБм. Зафиксировать показания NRP18T.
10.3.5 Собрать схему, как показано на рисунке 2.



Рисунок 2 – Схема определения диапазона коэффициентов ответвления направленных ответвителей

10.3.6 Не меняя настроек источника СВЧ сигналов, выполнить измерение в канале направленного ответвителя «Упад» ответвленной мощности с помощью NRP18T. Зафиксировать в протоколе показания NRP18T.

10.3.7 Повторить п.п. 10.3.3 – 10.3.6 на частотах 15 и 30 МГц.

10.3.8 Рассчитать значение коэффициентов ответвления направленных ответвителей по формуле (1):

$$A_i = P_i - P_0, \quad (1)$$

где P_0 – измеренные значения мощности на выходе источника СВЧ сигналов, дБм;

P_i – измеренные значения мощности на канале НО $U_{пад}$, дБм.

10.3.9 Результаты поверки считать положительными, если значение коэффициентов ответвления направленных ответвителей A_i находятся в пределах:

НО-1 $(27,5 \pm 0,5)$ дБ;

НО-5 $(35,0 \pm 0,5)$ дБ

10.4 Определение абсолютной погрешности коэффициентов ответвления направленных ответвителей НО-1 и НО-5

10.4.1 Рассчитать абсолютную погрешность коэффициентов ответвления направленного ответвителя по формуле (2):

$$\Delta_{A_i} = A_i - A_{ном}, \quad (2)$$

где $A_{ном}$ – действительное значение коэффициента ответвления НО, приведенное в паспорте; A_i – измеренные в п. 10.3 значения коэффициентов ответвления НО.

10.4.2 Результаты поверки считать положительными, если значения Δ_{A_i} абсолютной погрешности коэффициентов ответвления направленных ответвителей НО-1 и НО-5 находятся в

пределах $\pm 0,086$ дБ.

10.5 Определение относительной погрешности измерений мощности непрерывных синусоидальных сигналов в режиме работы «Поверка»

10.5.1 Определение относительной погрешности измерений мощности непрерывных синусоидальных сигналов в режиме работы «Поверка» в диапазоне рабочих частот выполнить в следующей последовательности.

10.5.2 Собрать схему измерений, приведенную на рисунке 3.



Рисунок 3 – Схема определения относительной погрешности непрерывных синусоидальных сигналов в режиме работы «Поверка» в диапазоне частот

10.5.2.1 Подготовить измерительный блок ВПРМ-5000 и NRP18T к работе в соответствии руководствами по эксплуатации на них.

10.5.2.2 Включить источник сигналов и установить показания мощности измерительного блока ВПРМ-5000 равный (50 ± 2) мВт для частоты 1,5 МГц.

10.5.2.3 Зафиксировать в протоколе показания измерительного блока ВПРМ-5000 ($P_{ВПРМ1}$) и NRP18T (P_{NRP}).

10.5.2.4 Повторить операции п. 10.5.2.2 и п. 10.5.2.3 на частотах 15 и 30 МГц.

10.5.2.5 Рассчитать относительную погрешность измерений мощности непрерывных синусоидальных сигналов по формуле (3):

$$\delta_p = \left(\frac{P_{ВПРМ1}}{P_{NRP}} - 1 \right) \cdot 100\% \quad (3)$$

10.5.2.6 Результаты поверки считать положительными, если значения относительной погрешности измерений мощности непрерывных синусоидальных сигналов в режиме работы «Поверка» в диапазоне рабочих частот находятся в пределах $\pm 6\%$.

10.6 Определение относительной погрешности измерений мощности непрерывных синусоидальных сигналов и пиковой мощности амплитудно-модулированных сигналов в режимах работы «НО-1» и «НО-5» в диапазоне измерений мощности

10.6.1 Определение относительной погрешности измерений мощности синусоидальных сигналов в режимах работы «НО-1» и «НО-5» выполнить в следующей последовательности.

10.6.1.1 Рассчитать относительную погрешность измерений мощности синусоидальных сигналов в режимах работы «НО-1» и «НО-5» по формуле (4):

$$\delta = \delta_p + \delta_A + 200 \cdot \Gamma \cdot \Gamma_A, \quad (4)$$

где δ_p относительная погрешность измерений мощности по п. 10.5;

$\delta_A = \left(10^{\frac{A_A}{10}} - 1 \right) \cdot 100\%$ - относительная погрешность ослабления по п. 10.4;

$\Gamma = \frac{K_{CBH_{BH}} - 1}{K_{CBH_{BH}} + 1}$ - коэффициент отражения измерительного блока ВПРМ-5000;

$\Gamma_A = \frac{K_{CBH_{HO}} - 1}{K_{CBH_{HO}} + 1}$ - коэффициент отражения выхода направленного ответвителя.

10.6.1.2 Результаты поверки считать положительными, если значения относительной погрешности измерений мощности синусоидальных сигналов в режимах работы «НО-1» и «НО-5» находятся в пределах $\pm [8 + (P_{пр} / P_{изм} - 1)] \%$.

10.6.2 Проверка диапазона измерений мощности непрерывных синусоидальных сигналов в режиме работы «НО-1» и «НО-5» выполняется при первичной поверке ваттметров.

10.6.2.1 Проверка диапазонов измерений мощности непрерывных синусоидальных сигналов в режимах работы «НО-1».

10.6.2.1.1 Подключить к выходу источника СВЧ сигналов NRP18T.

10.6.2.1.2 Установить частоту источника СВЧ сигналов и NRP18T, равную 1,5 МГц.

10.6.2.1.3 Установить уровень сигнала источника СВЧ по показаниям NRP18T, равный $(18,0 \pm 0,1)$ дБм.

10.6.2.1.4 Зафиксировать в протоколе показания NRP18T P_4 в дБм. Не изменяя настроек источника СВЧ, подключить между источником СВЧ сигналов и NRP18T вспомогательный аттенюатор 1500-WA-FFN-40.

10.6.2.1.5 Зафиксировать в протоколе показания NRP18T P_5 в дБм.

10.6.2.1.6 Рассчитать значение коэффициента передачи аттенюатора 1500-WA-FFN-40 по формуле (5):

$$A_{40} = P_4 - P_5 \quad (5)$$

10.6.2.1.7 Повторить измерения на частотах 15 и 30 МГц.

10.6.2.1.8 Собрать схему измерений, представленную на рисунке 4.

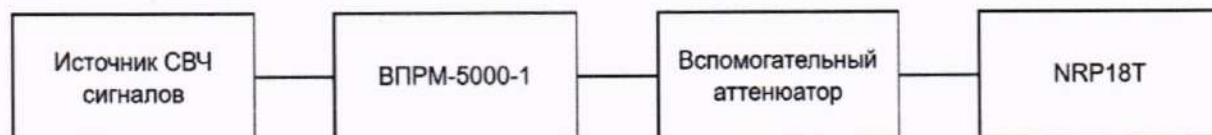


Рисунок 4 – Схема определения относительной погрешности непрерывных синусоидальных сигналов при работе на нагрузку с $K_{CBH} \leq 1,2$ в режиме работы «НО-1» в диапазоне частот

10.6.2.1.9 Подготовить ВПРМ-5000-1 и NRP18T к работе в соответствии руководствами по эксплуатации на них.

10.6.2.1.10 Включить источник сигналов и установить показания мощности ВПРМ-5000-1, равные $(1,1 \pm 0,1)$ Вт для частоты 1,5 МГц.

10.6.2.1.11 Зафиксировать в протоколе показания ВПРМ-5000-1 ($P_{ВПРМ1}$) и NRP18T (P_{NRP}).

10.6.2.1.12 Повторить операции п. 10.6.2.1.11 и п. 10.6.2.1.12 на частотах 15 и 30 МГц.

10.6.2.1.13 Повторить операции п.п. 10.6.2.1.11 – 10.6.2.1.13 на уровнях, приведенных в графе 3, таблицы 6.

Таблица 6 – Пределы измерений мощности

Предел измерений, Вт	Диапазон измерений, Вт	Уровень мощности для проверки, Вт
1	2	3
ВПРМ-5000 (режим работы НО-1)		
10	от 1 до 10	(1,1±0,1), (5±0,5), (9,0±1,0)
30	от 11 до 30	(11±1,0), (15±1,0), (29±1,0)
100	от 31 до 100	(32±1,0), (50±5,0), (95±5,0)
300	от 101 до 300	(111±10), (150±15), (285±15)
1000	от 301 до 1000	(316±15), (500±20), (950±50)
ВПРМ-5000 (режим работы НО-5)		
1500	от 1000 до 1500	(1050±50), (1250±50), (1500±50)
5000	от 1510 до 5000	(1600±50), (3200±200), (4800±200)

10.6.2.1.14 Рассчитать относительную погрешность измерений мощности непрерывных синусоидальных сигналов по формуле (6):

$$\delta = \left(\frac{P_{\text{ВПРМ1}}}{P_{\text{НРП}} \cdot 10^{(A_{40}/10)}} - 1 \right) \cdot 100\% \quad (6)$$

10.6.2.2 Проверка диапазонов измерений мощности непрерывных синусоидальных сигналов в режимах работы «НО-5» выполнить в следующей последовательности.

10.6.2.2.1 Собрать схему измерений, представленную на рисунке 5.



Рисунок 5 – Схема определения относительной погрешности непрерывных синусоидальных сигналов на нагрузку с КСВН ≤ 1,2 в режиме работы «НО-5»

10.6.2.2.2 Подготовить ВПРМ-5000-5 и МКЗ-69 к работе в соответствии руководствами по эксплуатации на них.

10.6.2.2.3 Включить источник сигналов и установить показания мощности ВПРМ-5000-5, равные (1050±50) Вт для частоты 1,5 МГц.

10.6.2.2.4 Зафиксировать в протоколе показания ВПРМ-5000-5 ($P_{\text{ВПРМ2}}$) и МКЗ-69 ($P_{\text{МКЗ}}$).

10.6.2.2.5 Повторить операции п. 10.6.2.2.3 и п. 10.6.2.2.4 на частотах 15 и 30 МГц. Повторить операции п.п. 10.6.2.2.3– 10.6.2.2.5 для значений мощности каждого предела, приведенных в графе 3 таблицы 7.

10.6.2.2.6 Рассчитать относительную погрешность измерений мощности непрерывных синусоидальных сигналов по формуле (7):

$$\delta = (P_{\text{ВПРМ}}/P_{\text{МКЗ}} - 1) \cdot 100\% \quad (7)$$

10.6.2.2.7 Результаты поверки считать положительными, если значения относительной погрешности измерений мощности непрерывных синусоидальных сигналов в режимах работы «НО-1» и «НО-5» в диапазоне рабочих частот от 1,5 до 30,0 МГц находятся в пределах:

$$\pm[8+(P_{\text{пр}}/P_{\text{изм}}-1)],$$

где $P_{\text{изм}}$ – мощность измеряемых сигналов;

$P_{\text{пр}}$ – предел измерения мощности: 10 Вт, 30 Вт, 100 Вт, 300 Вт, 1000 Вт, 1,5 кВт, 5 кВт.

10.6.2.3 Определение относительной погрешности измерений пиковой мощности амплитудно-модулированных сигналов в режимах работы «НО-1» и «НО-5» выполняется при первичной поверке в следующей последовательности.

10.6.2.3.1 Включить режим измерений пиковой мощности путем нажатия на кнопку $P_{\text{ср}}/P_{\text{пик}}$ расположенную на лицевой панели блока измерительного.

10.6.2.3.2 Выбрать период измерений последовательным нажатием кнопок «Выбор» используя навигационные кнопки выбрать раздел «Период измерений», из выпадающего списка выбрать 250 мс и нажать кнопку «Выбор». При всплывающем окне об изменении параметров конфигурации нажать кнопку «Выбор».

10.6.2.3.3 Повторить операции п. 10.6.2.1 для ВПРМ-5000-1 и п. 10.6.2.2 для ВПРМ-5000-5, устанавливая на источнике СВЧ сигналов амплитудно-модулированный сигнал с частотой модуляции 1 кГц и глубиной 100 %.

10.6.2.3.4 Результаты поверки считать положительными, если значения относительной погрешности измерений мощности амплитудно-модулированных сигналов в режимах работы «НО-1» и «НО-5» в диапазоне рабочих частот от 1,5 до 30,0 МГц находятся в пределах:

$$\pm [12+(P_{\text{пр}}/P_{\text{изм}}-1)],$$

где $P_{\text{изм}}$ – мощность измеряемых сигналов;

$P_{\text{пр}}$ – предел измерения мощности: 10 Вт, 30 Вт, 100 Вт, 300 Вт, 1000 Вт, 1,5 кВт, 5 кВт.

10.7 Проверка диапазона измерений КСВН и определение относительной погрешности измерений КСВН

10.7.1 Проверка диапазона измерений КСВН и определение проводится методом прямых измерений.

10.7.2 Собрать схему измерений, приведенную на рисунке 6.

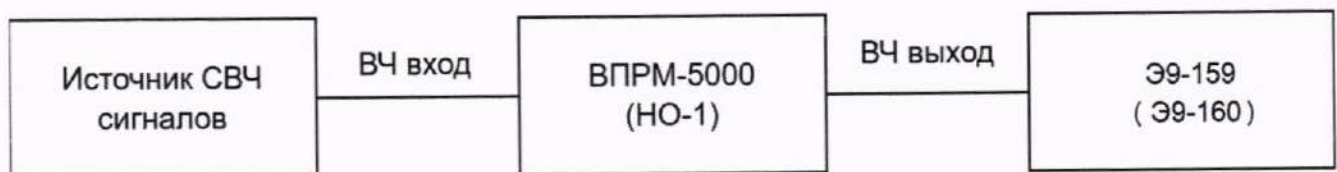


Рисунок 6 – Схема определения относительной погрешности измерений КСВН ВПРМ-5000 с НО-1

10.7.3 Подготовить средства поверки к работе в соответствии с руководством по эксплуатации на них.

10.7.4 Установить на источнике СВЧ сигналов частоту 1,5 МГц.

10.7.5 Установить уровень мощности на выходе источника сигналов равный (195±5) мВт.

10.7.6 Зафиксировать в протоколе показания КСВН ВПРМ-5000 с НО-1.

10.7.7 Повторить операции п.п. 10.7.4 – 10.7.6 на частотах 15 и 30 МГц.

10.7.8 Отключить нагрузку Э9-159 и подключить Э9-160.

- 10.7.9 Повторить операции п.п. 10.7.4 – 10.7.7 с нагрузкой Э9-160.
 10.7.10 Рассчитать значение относительной погрешности измерений КСВН δ_{OK} в %, по формуле (8):

$$\delta_{OK} = \left(\frac{K_{ИЗМ}}{K_{ЭТ}} - 1 \right) \cdot 100 \quad (8),$$

где $K_{ЭТ}$ – значение КСВН для Э9-159 и Э9-160 из протокола поверки наборов мер КСВН и полного сопротивления 1-го разряда ЭК9-140.

- 10.7.11 Подготовить анализатор цепей векторный к однопортовым измерениям в диапазоне частот от 1,5 до 30 МГц.
 10.7.12 Включить режим измерений коэффициента отражения S_{11} .
 10.7.13 Подключить порт 1 анализатора цепей векторного к входу эквивалента нагрузки 50 Ом.
 10.7.14 Установить маркер на частоту 1,5 МГц и зафиксировать в протоколе измеренные значения КСВН ($K_{ЭТ}$).
 10.7.15 Зафиксировать в протоколе показания S_{11} в формате КСВН.
 10.7.16 Повторить операции п.п. 10.7.14, 10.7.15 на частотах 15 и 30 МГц.
 10.7.17 Выполнить операции п.п. 10.7.14–10.7.16 для эквивалента нагрузки 12 Ом.
 10.7.18 Собрать схему измерений, в соответствии с рисунком 7.

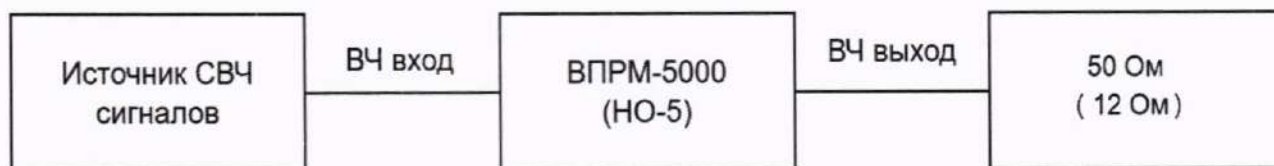


Рисунок 7 – Схема определения относительной погрешности измерений КСВН ВПРМ-5000 с НО-5

- 10.7.19 Установить уровень мощности на выходе источника сигналов равный (145 ± 5) Вт.
 10.7.20 Зафиксировать в протоколе показания КСВН ВПРМ-5000 с НО-5.
 10.7.21 Повторить операции п.п. 10.7.19, 10.7.20 на частотах 15 и 30 МГц.
 10.7.22 Отключить эквивалент нагрузки 50 Ом и подключить 12 Ом.
 10.7.23 Повторить операции п.п. 10.7.19 – 10.7.21 с эквивалентом нагрузки 12 Ом.
 10.7.24 Рассчитать значение относительной погрешности измерений КСВН δ_{OK} в %, по формуле (8).
 10.7.25 Результаты поверки считать положительными, если в диапазоне измерений КСВН от 1,01 до 4,20 относительная погрешность измерений КСВН (δ_{OK}) для нагрузки Э9-159 и 50 Ом в диапазоне рабочих частот не превышает ± 10 %, а для нагрузки Э9-160 и 12 Ом в диапазоне рабочих частот не превышает ± 15 %.

11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

11.1 Ваттметр признается годным, если в ходе поверки все результаты поверки положительные.

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

11.3 При положительных результатах поверки по заявлению владельца, или лица, предъявившего его на поверку, на ваттметр наносится знак поверки, и (или) выдается свидетельство о поверке.

Знак поверки наносить в виде наклейки или оттиска клейма поверителя на свидетельство о поверке.

11.4 Ваттметр с отрицательными результатами поверки в обращение не допускается и на него выдается извещение о непригодности к применению с указанием причин непригодности

Начальник НИО-1 ФГУП «ВНИИФТРИ»

Начальник центра 14 НИО-1 ФГУП «ВНИИФТРИ»

Научный сотрудник НИО-1 ФГУП «ВНИИФТРИ»



О.В. Каминский
И.П. Чирков
А.И. Матвеев

ПРОТОКОЛ ПОВЕРКИ

1. Внешний осмотр: положительно/отрицательно
лишнее зачеркнуть
2. Опробование средства измерений: положительно/отрицательно
лишнее зачеркнуть
3. Проверка программного обеспечения средства измерений: положительно/отрицательно
лишнее зачеркнуть
4. Определение диапазона рабочих частот п. 10.1 по п. 10.6 положительно/отрицательно
лишнее зачеркнуть
5. Определение КСВН входа в рабочем диапазоне частот:

Наименование	КСВН _{макс}	КСВН _{доп.}
Вход X1 (U _{пад.})		не более 1,06
Вход X2 (U _{отр.})		
Вход НО-1		
Вход НО-5		

Результат поверки п. 10.2: положительно/отрицательно
лишнее зачеркнуть

6. Определение диапазона значений коэффициентов ответвления направленных ответвителей абсолютной погрешности коэффициентов ответвления направленных ответвителей НО-1 и НО-5:

Ответвитель	Частота, МГц	A _i , дБ	A _{ном} , дБ	ΔA _i , дБ	Δ _{доп.} , дБ
НО-1	1,5				±0,086
	15,0				
	30,0				
НО-5	1,5				
	15,0				
	30,0				

Результат поверки п. 10.3, п. 10.4: положительно/отрицательно
лишнее зачеркнуть

7. Определение относительной погрешности измерений мощности непрерывных синусоидальных сигналов в режиме работы «Поверка»

Частота, МГц	P _{ВПРМ} , мВт	P _{НРР} , мВт	δ _р , %	δ _{рдоп} , %
1,5				±6
15,0				
30,0				

Результат поверки п. 10.5: положительно/отрицательно
лишнее зачеркнуть

8. Определение относительной погрешности измерений мощности непрерывных синусоидальных сигналов и пиковой мощности амплитудно-модулированных сигналов в режимах работы «НО-1» и «НО-5» в диапазоне измерений мощности

Частота, МГц	δ_p , %	δ_A , %	Γ	Γ_A	δ , %	$\delta_{\text{доп}}$, %
1,5						± 8
15,0						
30,0						

Результат поверки п. 10.6: положительно/отрицательно

лишнее зачеркнуть

Результаты определения относительной погрешности измерений мощности синусоидальных сигналов в режиме работы «НО-1» заполнять при первичной поверке.

Частота, МГц	Предел измерений, Вт	$P_{\text{ср}}$, Вт	$P_{\text{НРPср}}$, Вт	δ , %	$\delta_{\text{доп}}$, %
1,5	10				
	30				
	100				
	300				
	1000				
15,0	10				
	30				
	100				
	300				
	1000				

Частота, МГц	Предел измерений, Вт	$P_{\text{ср}}, \text{Вт}$	$P_{\text{NR}}P_{\text{ср}}, \text{Вт}$	$\delta, \%$	$\delta_{\text{доп}}, \%$
30,0	10				
	30				
	100				
	300				
	1000				

Результат поверки п. 10.6: положительно/отрицательно

лишнее зачеркнуть

Результаты определения относительной погрешности измерений мощности синусоидальных сигналов в режиме работы «НО-5» заполнять при первичной поверке.

Частота, МГц	Предел измерений, Вт	$P_{\text{ср}}, \text{Вт}$	$P_{\text{МКЗср}}, \text{Вт}$	$\delta, \%$	$\delta_{\text{доп}}, \%$
1,5	1500				
	5000				
15,0	1500				
	5000				
30,0	1500				
	5000				

Результат поверки п. 10.6: положительно/отрицательно

лишнее зачеркнуть

Результаты определения предела допускаемой относительной погрешности измерений пиковой мощности амплитудно-модулированных сигналов (частота модуляции 1 кГц, глубина – 100 %) в режиме работы «НО-1» заполнять при первичной поверке.

Частота, МГц	Предел измерений, Вт	Р _{пик} , Вт	NRP18T		δ, %	δ _{доп} , %
			Р _{пик} , Вт (расчётная)	Р _{NRPcp} , Вт		
1,5	10					
	30					
	100					
	300					
	1000					
15,0	10					
	30					
	100					
	300					
	1000					
30,0	10					
	30					
	100					
	300					
	1000					

Частота, МГц	Предел измерений, Вт	Р _{пик} , Вт	NRP18T		δ, %	δ _{доп} , %
			Р _{пик} , Вт (расчётная)	Р _{NRPcp} , Вт		

Результат поверки п. 10.6: положительно/отрицательно

лишнее зачеркнуть

Результаты определения предела допускаемой относительной погрешности измерений пиковой мощности амплитудно-модулированных сигналов (частота модуляции 1 кГц, глубина – 100 %) в режиме работы «НО-5» заполнять при первичной поверке.

100 %) в режиме работы «ГО-5» заполнять при первичной поверке.						
Частота, МГц	Предел измерений, Вт	Р _{пик} , Вт	МКЗ-69		δ, %	δ _{доп} , %
			Р _{пик} , Вт (расчётная)	Р _{МКЗср} , Вт		
1,5	1500					
	5000					
15,0	1500					
	5000					
30,0	1500					
	5000					

Результат поверки п. 10.6: положительно/отрицательно

лишнее зачеркнуть

9. Определение диапазона измерений и относительной погрешности измерения КСВН.

Результаты определения относительной погрешности измерения КСВН в режиме работы «НО-1».

Частота, МГц	КЭТ	К _{изм}	δ, %	δ _{доп} , %	КЭТ	К _{изм}	δ, %	δ _{доп} , %
1,5				±10				±15
15,0								
30,0								

Результат поверки п. 10.7: положительно/отрицательно

лишнее зачеркнуть

Результаты определения относительной погрешности измерения КСВН в режиме работы «НО-5».

Частота, МГц	КЭТ	Кизм	δ , %	$\delta_{\text{доп}}$, %	КЭТ	Кизм	δ , %	$\delta_{\text{доп}}$, %
1,5				± 10				± 15
15,0								
30,0								

Результат поверки п. 10.7: положительно/отрицательно
лишнее зачеркнуть

« ____ » _____ 20 ____ г.

(подпись, ФИО)