

СОГЛАСОВАНО

Первый заместитель генерального директора -
заместитель по научной работе

ФГУП «ВНИИФТРИ»

А.Н. Щипунов

2025 г.



Государственная система обеспечения единства измерений

**Ваттметры оконечного типа
волноводные термисторные М3-122**

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 111-25-005

р.п. Менделеево
2025 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1	ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	3
2	ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	4
3	ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ.....	6
4	ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ	6
5	МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ....	6
6	ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ	8
7	ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ.....	8
8	ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	8
9	ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ	9
10	ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ	10
11	ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ	17

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на ваттметры оконечного типа волноводные термисторные МЗ-122 (далее – ваттметры), изготавливаемые ФГУП «ВНИИФТРИ», Московская область, г. Солнечногорск, р.п. Менделеево, и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверок.

1.2 Первой поверке подлежат ваттметры до ввода 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 единицы мощности электромагнитных колебаний в волноводных и коаксиальных трактах в диапазоне частот от 0,03 до 37,5 ГГц (ГЭТ 26-2010) в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений мощности электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 9 кГц до 37,5 ГГц, утвержденной приказом Росстандарта от 30 декабря 2019 г. № 3461.

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

1.5 При проведении поверки необходимо руководствоваться настоящей методикой и эксплуатационной документацией на ваттметр и на используемое при поверке оборудование. Методика поверки реализуется посредством методов прямых измерений.

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

Таблица 1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Диапазон рабочих частот с преобразователями термисторными оконечного типа, ГГц: – ПТО-8 – ПТО-10 – ПТО-12 – ПТО-17 – ПТО-18 – ПТО-26 – ПТО-37	от 5,64 до 8,24 от 6,85 до 9,93 от 8,24 до 12,05 от 11,55 до 16,70 от 11,95 до 17,44 от 16,70 до 25,95 от 25,86 до 37,50
Диапазон измерений мощности непрерывных синусоидальных сигналов, мВт	от 0,01 до 10,00
Пределы допускаемой относительной погрешности δP измерений мощности P_X в рабочем диапазоне частот, без учета погрешности из-за рассогласования, дрейфа «нуля» и случайной погрешности ¹⁾ , %	$\pm 5,0$
Пределы допускаемой относительной погрешности δP_ϕ измерений мощности P_X в режиме измерений на фиксированных частотах ²⁾ , без учета погрешности из-за рассогласования, дрейфа «нуля» и случайной погрешности ¹⁾ , %	$\pm 2,0$
Время установления показаний до уровня 0,995 от установившегося значения, не более, с	2
Среднее квадратическое отклонение σ случайной погрешности отсчета 16 последовательных показаний, не более, мкВт	0,5

Продолжение таблицы 1

Наименование характеристики	Значение
Пределы допускаемой нестабильности ΔP_0 показаний, включая дрейф «нуля» в течение 60 секунд после установки «нуля» при неизменной температуре в пределах $\pm 0,5$ °C, не более, мкВт	$\pm 5,0$
Коэффициент стоячей волны по напряжению, не более:	
– входа преобразователей ПТО в рабочем диапазоне частот	1,5
– входа преобразователей ПТО на фиксированных частотах ²⁾	1,3
– входа преобразователей ПМФ	1,3
Номинальные значения коэффициента масштабного преобразования $K_{\text{ПМФ}}$ преобразователя ПМФ	10, 100, 1000, 10000
Максимальное отклонение действительных значений коэффициента масштабного преобразования $K_{\text{ПМФ}}$ преобразователя ПМФ от номинального значения, дБ	$\pm 3,0$
Пределы допускаемой относительной погрешности $\delta K_{\text{ПМФ}}$ коэффициента масштабного преобразования $K_{\text{ПМФ}}$ преобразователя ПМФ, %	$\pm 5,0$
Диапазон измерений мощности непрерывных синусоидальных сигналов с преобразователем ПМФ, мВт	от $0,01 \cdot K_{\text{ПМФ}}$ до $10 \cdot K_{\text{ПМФ}}$
Пределы допускаемой относительной погрешности $\delta P_{\text{ПМФ}}$ измерения мощности $P_{\text{ПМФ}}$ с преобразователем ПМФ без учета погрешности из-за рассогласования, дрейфа «нуля» и случайной погрешности ³⁾ , %	$\pm 7,0$
Примечание:	
1) Пределы относительной погрешности δP_{Σ} измерений мощности P_X , мкВт, в рабочем диапазоне частот с учетом погрешности дБАС из-за рассогласования, дрейфа «нуля» и случайной погрешности определяется по формуле, не более, %:	
$\pm \left(\sqrt{\delta P^2 + ((3 \cdot \sigma \cdot P_X^{-1} \cdot 100)^2 + (\Delta P_0 \cdot T \cdot 60^{-1} \cdot 100)^2)} \cdot P_X^{-2} + \delta_{\text{РАС}} \right),$ где Т – время отсчета показаний при измерениях, с.	
2) Режим измерений на фиксированных частотах, указанных в формуляре.	
3) Пределы относительной погрешности δP_{Σ} измерений мощности $P_{\text{ПМФ}}$, мкВт, в рабочем диапазоне частот с учетом погрешности дБАС из-за рассогласования, дрейфа «нуля» и случайной погрешности определяется по формуле, не более, %:	
$\pm \left(\sqrt{\delta P_{\text{ПМФ}}^2 + (3 \cdot \sigma \cdot K_{\text{ПМФ}} \cdot P_{\text{ПМФ}}^{-1} \cdot 100)^2 + (\Delta P_0 \cdot T \cdot 60^{-1} \cdot 100)^2} \cdot K_{\text{ПМФ}}^2 \cdot P_{\text{ПМФ}}^{-2} + \delta_{\text{РАС}} \right).$	

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

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

Таблица 2 - Операции поверки

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр средства измерений	да	да	7
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	да	да	8

Продолжение таблицы 2

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Проверка программного обеспечения	да	да	9
Проверка диапазона рабочих частот преобразователей термисторных оконечного типа	да	да	10.1
Определение коэффициента стоячей волны по напряжению (далее - КСВН)	да	да	10.2
Определение среднего квадратического отклонения σ случайной погрешности отсчета 16 последовательных показаний	да	да	10.3
Определение нестабильности ΔP_0 показаний, включая дрейф «нуля» в течение 60 секунд после установки «нуля» при неизменной температуре в пределах $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$	да	да	10.4
Проверка времени установления показаний до уровня 0,995 от установившегося значения	да	да	10.5
Проверка диапазона измерений мощности непрерывных синусоидальных сигналов	да	да	10.6
Определение относительной погрешности измерений мощности в рабочем диапазоне частот и режиме измерений на фиксированных частотах без учета погрешности из-за рассогласования, дрейфа «нуля» и случайной погрешности	да	да	10.7
Определение максимального отклонения от номинального значения коэффициента и относительной погрешности действительных значений коэффициента масштабного преобразования преобразователя ПМФ	да	да	10.8
Проверка диапазона измерений мощности непрерывных синусоидальных сигналов с преобразователем ПМФ и определение относительной погрешности $\delta P_{\text{ПМФ}}$ измерения мощности $P_{\text{ПМФ}}$ с преобразователем ПМФ без учета погрешности из-за рассогласования, дрейфа «нуля» и случайной погрешности	да	да	10.9

2.2 При получении отрицательных результатов по любой из операций, приведенных в из таблице 2, поверяемый ваттметр бракуется.

2.3 Допускается проводить периодическую поверку с отдельным преобразователем термисторным оконечного типа из состава поверяемого средства измерений отдельно в диапазоне рабочих частот, отдельно в режиме работы на фиксированных частотах, с отдельным преобразователем масштабным фиксированным по соответствующим пунктам настоящей методики поверки. Данные ограничения должны быть зафиксированы при оформлении результатов поверки.

2.4 П.п. 10.4 – 10.7 выполнять при наличие в комплекте преобразователя масштабного фиксированного.

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие климатические условия (если не оговорено иное):

- температура окружающего воздуха от плюс 15 °C до плюс 25°C;
- относительная влажность окружающего воздуха не более 80 %;
- атмосферное давление от 630 до 795 мм рт. ст.;
- напряжение питающей сети переменного тока от 198 до 242 В;
- частота питающей сети от 49 до 51 Гц.

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

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

4.2 Перед проведением поверки поверитель должен предварительно ознакомиться с документами МФРН.411734.086 РЭ «Ваттметр оконечного типа волноводный термисторный М3-122. Руководство по эксплуатации» (далее – МФРН.411734.086 РЭ), МФРН.411734.086 ФО «Ваттметр оконечного типа волноводный термисторный М3-122. Формуляр» (далее – МФРН.411734.086 ФО).

4.3 Поверка осуществляется одним специалистом.

5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

5.1 Рекомендуемые средства поверки, в том числе рабочие эталоны и средства измерений, приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Перечень средств поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
1	2	3
10.1 Проверка диапазона рабочих частот с преобразователями термисторными оконечного типа	Измеритель модуля комплексного коэффициента отражения с диапазоном рабочих частот от 8,24 до 37,5 ГГц, диапазон измерений КСВН от 1,0 до 1,3, относительная погрешность измерений не более $\pm 4\%$.	Анализаторы цепей векторные Р4226А, рег. № 94495-25. Анализаторы цепей векторные С50240, рег. № 88573-23, с комплектом калибровочных мер Э9-209, рег. № 95726-25.
10.2 Определение коэффициента стоячей волны по напряжению (далее – КСВН)		

Продолжение таблицы 3

1	2	3
10.5 Проверка времени установления показаний до уровня 0,995 от установившегося значения 10.6 Проверка диапазона измерений мощности непрерывных синусоидальных сигналов 10.7 Определение относительной погрешности измерений мощности в рабочем диапазоне частот и в режиме измерений на фиксированных частотах без учета погрешности из-за рассогласования, дрейфа «нуля» и случайной погрешности 10.9 Проверка диапазона измерений мощности непрерывных синусоидальных сигналов с преобразователем ПМФ и определение относительной погрешности $\delta R_{\text{ПМФ}}$ измерения мощности $R_{\text{ПМФ}}$ с преобразователем ПМФ без учета погрешности из-за рассогласования, дрейфа «нуля» и случайной погрешности	Генератор сигналов с диапазоном рабочих частот от 5,64 до 37,5 ГГц, с пределом допускаемой относительной погрешности установки частоты $\pm 1 \cdot 10^{-6}$, с диапазоном выходной мощности от -20 до +10 дБ (1 мВт), с пределом допускаемой относительной погрешности установки мощности ± 1 дБ (1 мВт); Эталонный волноводный ваттметр проходного типа 2-го разряда с диапазоном измерения мощности от 0,1 до 10 мВт, с диапазоном частот от 16,70 до 37,50 ГГц, с модулем эффективного коэффициента отражения $ \Gamma $ выхода преобразователя не более 0,05, с доверительными границами относительной погрешности результатов измерений при доверительной вероятности 0,95 не более 2,5 %. Измеритель мощности с диапазоном частот от 5,64 до 37,50 ГГц, с диапазоном измерения мощности от 0,1 до 10 мВт, с пределами допускаемой относительной погрешности измерений отношения двух уровней мощности $\pm 0,3$ %. <i>Проверка в режиме измерений на фиксированных частотах.</i> Волноводный ваттметр проходного типа 1-го разряда в соответствии с приказом Росстандарта от 30 декабря 2019 г. № 3461: диапазон измерений мощности от 0,1 до 10 мВт, фиксированные частоты в диапазоне частот от 5,64 до 37,50 ГГц, с модулем эффективного коэффициента отражения $ \Gamma $ выхода преобразователя не более 0,03, с доверительными границами относительной погрешности результатов измерений при доверительной вероятности 0,95 не более 1,2 %.	Генератор сигналов E8257D, рег. № 53941-13 Ваттметры образцовые проходные падающей мощности М1-6Б, М1-8Б, М1-9Б, рег. № 12350-90. Ваттметры проходного типа волноводные термисторные М1-37, рег. № 91456-24. Ваттметр поглощаемой мощности СВЧ NRP50T, рег. № 69958-17
10.8 Определение максимального отклонения от номинального значения и относительной погрешности коэффициента масштабного преобразования преобразователя ПМФ	Измеритель коэффициента передачи рабочий эталон в соответствии с приказом Росстандарта от 05 августа 2024 г. № 1796: диапазон частот от 5,64 ГГц до 37,5 ГГц, диапазоном измерений коэффициента передачи от 0 до 40 дБ, пределы допускаемой погрешности измерений коэффициента передачи от 0 до 40 дБ $\pm 0,1$ дБ.	Анализаторы цепей векторные S50240, рег. № 88573-23, с комплектом калибровочных мер Э9-209, рег. № 95726-25.

Продолжение таблицы 3

1	2	3
Раздел 8, 10.1 – 10.9	Измеритель температуры с диапазоном температур от +10°C до +35°C. Измеритель влажности с диапазоном измерений относительной влажности от 0% до 99 %. Измеритель атмосферного давления с диапазоном измерений абсолютного давления от 840 до 1060 гПа.	Измеритель влажности и температуры ИВТМ-7, рег. № 71394-18
Примечание – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.		

6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки необходимо соблюдать требования безопасности, регламентируемые правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок, утвержденными приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 15.12.2020 № 903н, а также требования безопасности, приведённые в эксплуатационной документации на измеритель и средства поверки.

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 документам РЭ и ФО;
- целостность и чистоту разъемов;
- целостность пломбировки;
- исправность кабеля;
- отсутствие видимых повреждений, влияющих на работоспособность измерителя.

7.2 Результаты внешнего осмотра считать положительными, если:

- комплект поставки соответствует документам РЭ и ФО;
- маркировка соответствует документу РЭ;
- пломбировка цела;
- разъемы целы и чисты;
- отсутствуют видимые повреждения, влияющие на работоспособность измерителя.

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

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Перед проведением поверки необходимо провести подготовительные работы, оговоренные в РЭ ваттметров и применяемых средств поверки.

8.2 Проверку работоспособности ваттметров выполнить в следующей последовательности.

8.2.1 Разместить ваттметр на рабочем месте, обеспечив удобство работы и условия естественной вентиляции.

8.2.2 Подключить составные части ваттметра кабелями в соответствии с РЭ на ваттметр.

8.2.3 Соединить ваттметр с кабелем питания 220 В. Подключить кабель питания к сети переменного тока (220 В, 50 Гц). Переключатель «0/I» на корпусе ваттметра установить в положение «I».

8.2.4 Наблюдать автоматический запуск программного обеспечения (далее – ПО) ваттметра.

8.2.5 По окончании запуска ПО контролировать появление на сенсорном экране окна, приведенного на рисунке 1.



Рисунок 1 – Общий вид окна готовности ваттметра к использованию

8.2.6 Выбрать «канал (Е)» и кнопкой «вкл./откл.» включить измерительный канал Е.

8.2.7 Перейти в подменю «Промежуточные измерения» и убедиться, что на всех четырёх термисторных мостах мощность подогрева находится в пределах от 2 до 80 мВт.

8.2.8 Убедиться в том, что все сенсорные кнопки и органы управления функционируют.

8.2.9 Выключить ваттметр переведя переключатель «0/I» в положение «0».

8.2.10 Результаты поверки считать положительными, если ваттметр включился, по окончанию запуска ПО на экране дисплея наблюдалось окно, отображенное на рисунке 1, мощность подогрева на термисторных мостах находится в пределах от 2 до 80 мВт, сенсорные кнопки и органы управления функционируют.

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

9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

9.1 Осуществить проверку соответствия следующих идентификационных данных ПО:

- идентификационное наименование ПО;
- номер версии (идентификационный номер) ПО.

9.2 Результаты поверки считать положительными, если идентификационные данные ПО соответствуют сведениям, приведенным в таблице 4.

Таблица 4 - Идентификационные данные ПО

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	Измеритель мощности М3-121
Номер версии (идентификационный номер) ПО	V1.0 и выше

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

10.1 Проверка диапазона рабочих частот с преобразователями термисторными оконечного типа

10.1.1 Определение диапазона рабочих частот проводить одновременно п. 10.2 «Определение КСВН входа в рабочем диапазоне частот и на фиксированных частотах».

10.1.2 Результаты поверки считать положительными, если в диапазоне рабочих частот значение КСВН не превышает 1,5.

10.2 Определение КСВН

10.2.1 Определение КСВН проводить методом прямых измерений КСВН входа преобразователя ПТО, преобразователя ПМФ при помощи анализатора цепей векторного в следующей последовательности.

10.2.2 Подготовить анализатор цепей векторный к работе в волноводных трактах в соответствие с сечением волноводного тракта преобразователя ПТО поверяемого ваттметра в соответствии с эксплуатационной документацией на него. Рекомендуется один порт анализатора соединить напрямую с переходом волноводно-коаксиальным из состава калибровочных мер, а к второму порту переход волноводно-коаксиальный подключить с использованием вспомогательного фазостабильного СВЧ кабеля.

10.2.3 Установить на анализаторе цепей векторном диапазон частот в соответствии с таблицей 5. Провести калибровку.

Таблица 5 – Рабочий диапазон частот

Обозначение преобразователя	Рабочий диапазон частот, ГГц	Фиксированные частоты, ГГц
ПТО-37	от 25,86 до 37,50	25,86; 26,00; 28,00; 30,00; 32,00; 34,00; 36,00, 37,50
ПТО-26	от 16,70 до 25,86	16,70; 17,00; 17,44; 17,50; 17,85; 18,00; 20,00; 22,00; 24,00, 25,86
ПТО-18	от 11,95 до 17,44	11,95; 12,00; 12,05; 12,50; 13,00; 13,50; 14,00; 14,50; 15,00; 15,50; 16,00; 16,50; 16,70; 17,00; 17,44
ПТО-17	от 11,10 до 16,70	11,10; 11,50; 11,95; 12,00; 12,05; 12,50; 13,00; 13,50; 14,00; 14,50; 15,00; 15,50; 16,00; 16,50; 16,70
ПТО-12	от 8,24 до 12,05	8,24; 8,50; 9,00; 9,50; 10,00; 10,50; 11,00; 11,50; 12,00, 12,50
ПТО-10	от 6,85 до 9,93	6,85; 7,00; 7,50; 8,00; 8,50; 9,00; 9,50, 9,93
ПТО-8	от 5,64 до 8,24	5,64; 6,00; 6,50; 7,00; 7,50; 8,00; 8,24

10.2.4 Перевести поверяемый ваттметр в режим измерений в диапазоне рабочих частот в соответствии с руководством по экспликации, выбрав соответствующую таблицу в памяти М3-121. Нажать клавишу  , перейти в меню «Калибровка», нажать «выбор ТЧК» и выбрать таблицу, соответствующую рабочему диапазону частот, с частотными коэффициентами и сопротивлениями. Нажать «выбор калибр.» и выбрать пункт «по частоте», при этом на экране рядом с надписью «ТЧК: [номер таблицы]:[название таблицы]» загорится индикатор состояния учета калибровочного коэффициента и установленного сопротивления.

10.2.5 Подключить преобразователь ваттметра к измерительному порту анализатора цепей векторного.

10.2.6 Установить на анализаторе цепей векторном режим измерения КСВН.

10.2.7 С помощью маркера измерить максимальное значение КСВН.

10.2.8 Перевести поверяемый ваттметр в режим измерений на фиксированных частотах в

соответствии с руководством по экспликации, выбрав соответствующую таблицу в памяти М3-121. Нажать клавишу \odot , перейти в меню «Калибровка», нажать «выбор ТЧК» и выбрать таблицу, соответствующую рабочему диапазону частот, с частотными коэффициентами и сопротивлениями. Нажать «выбор калибр.» и выбрать пункт «по частоте», при этом на экране рядом с надписью «ТЧК: [номер таблицы]:[название таблицы]» загорится индикатор состояния учета калибровочного коэффициента и установленного сопротивления.

10.2.9 Установить на поверяемом ваттметре и маркер на анализаторе цепей векторном на начальную частоту в соответствии с таблицей 5.

10.2.10 Провести измерения КСВН и зафиксировать результат в протоколе измерений.

10.2.11 Повторить измерения для всех фиксированных частот в таблице 5.

10.2.12 При наличии в комплекте поверяемого ваттметра преобразователя ПМФ подключить вход преобразователя ПМФ к волноводному порту анализатора, а к выходу преобразователя присоединить вход преобразователя ПТО.

10.2.13 Провести измерения КСВН, с помощью маркера определить максимальное значение и результат занести в протокол измерений.

10.2.14 Повторить измерения для остальных преобразователей ПТО и ПМФ, входящих в состав поверяемого ваттметра.

10.2.15 Результаты поверки считать положительными, если КСВН входа:

– преобразователя ПТО в рабочем диапазоне частот не превышают 1,5;

– преобразователя ПТО на фиксированных частотах не превышают 1,3;

– преобразователя ПМФ в рабочем диапазоне частот не превышают 1,3.

10.3 Определение среднего квадратического отклонения σ случайной погрешности отсчета 16 последовательных показаний

10.3.1 После установления рабочего режима выполнить установку нуля в соответствии с РЭ на ваттметр.

10.3.2 После окончания установки нуля выполнить последовательно 16 отсчетов показаний P_i ваттметра в течение 40 секунд.

10.3.3 Рассчитать среднее квадратическое отклонение σ мощности подогрева по формуле:

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=0}^{16} (P_i - (P_{16} - P_0) \cdot 15^{-1})^2 \cdot 15^{-1}}, \quad (1)$$

где P_0 , P_i , P_{16} – нулевой, i -ый и 16 отсчеты показаний.

Результат занести в протокол.

10.3.4 Результаты поверки считать положительными, если полученное значение среднего квадратического отклонения σ случайной погрешности не более 0,5 мкВт.

10.4 Определение нестабильности ΔP_0 показаний, включая дрейф «нуля» в течение 60 секунд после установки «нуля» при неизменной температуре в пределах $\pm 0,5$ °C

10.4.1 После установления рабочего режима выполнить установку нуля в соответствии с РЭ на ваттметр.

10.4.2 После окончания установки нуля выполнить последовательно 5 отсчетов показаний P_i ваттметра в течение 5 минут с интервалом 60 с.

10.4.3 Рассчитать нестабильности ΔP_0 показаний, включая дрейф «нуля» в течение 60 секунд после установки «нуля» при неизменной температуре в пределах $\pm 0,5$ °C для каждого i измерения по формуле:

$$\Delta P_0 = (P_i/i), \quad (2)$$

где P_i – i -ый отсчет показаний,

i – номер измерений.

Максимальное значение ΔP_0 занести в протокол.

10.4.4 Результаты поверки считать положительными, если полученное максимальное значение нестабильности ΔP_0 показаний, включая дрейф «нуля» в течение 60 секунд после установки «нуля» при неизменной температуре в пределах $\pm 0,5$ °C не более 5 мкВт.

10.5 Проверка времени установления показаний до уровня 0,995 от установленвшегося значения

10.5.1 Определение времени установления показаний до уровня 0,995 от установленвшегося значения проводится при уровне мощности 10 мВт на нижней частоте каждого преобразователя ПТО.

10.5.2 Собрать схему для проведения измерений, приведенную на рисунке 2.

10.5.3 Провести установку нулевых показаний ваттметра, нажав «>0<» на лицевой панели М3-121, и установить на генераторе сигналов начальную частоту в соответствии с таблицей 4 и уровень мощности, равный 10 дБм.

10.5.4 Включить мощность СВЧ и с помощью органов управления генератора подстроить уровень так, чтобы показания поверяемого ваттметра находились в интервале от 8 до 10 мВт.

10.5.5 Выключить мощность СВЧ. Установить нулевые показания эталонного и поверяемого ваттметров.

10.5.6 Включить мощность СВЧ.

10.5.7 По истечении 2 с одновременно отсчитать показания показаний эталонного ваттметра Рэ(2с) и поверяемого ваттметра Р(2с).

10.5.8 По истечении еще 2 с одновременно отсчитать показания показаний эталонного ваттметра Рэ(4с) и поверяемого ваттметра Р(4с).

10.5.9 Определить уровень Т установления показаний за время установления показаний по формуле:

$$T = \left(\frac{P(2c)}{P(4c)} \right) \cdot \left(\frac{P_{\text{э}}(4c)}{P_{\text{э}}(2c)} \right), \quad (3)$$

где Рэ(2с), Рэ(4с), Р(2с), Р(4с) – показания эталонного ваттметра и испытуемого ваттметра.

10.5.10 Результаты поверки считать положительными, если уровень установления показаний не менее 0,995 за время установления показаний не более 2 с.

10.6 Проверка диапазона измерений мощности непрерывных синусоидальных сигналов

10.6.1 Определение диапазона измерений мощности непрерывных синусоидальных сигналов проводить одновременно п. 10.7.2.

10.6.2 Результаты поверки считать положительными, если в диапазоне измерений мощности непрерывных синусоидальных сигналов от 0,01 до 10,00 мВт значения относительной погрешности измерений мощности без учета погрешностей из-за рассогласования, дрейфа «нуля» находятся в пределах $\pm 5,0$ в рабочем диапазоне частот.

10.7 Определение относительной погрешности измерений мощности в рабочем диапазоне частот и режиме измерений на фиксированных частотах без учета погрешности из-за рассогласования, дрейфа «нуля» и случайной погрешности

10.7.1 Определение относительной погрешности измерений мощности СВЧ без учета погрешностей из-за рассогласования, дрейфа «нуля» на фиксированных частотах выполнить в следующей последовательности.

10.7.1.1 Перевести поверяемый ваттметр в режим измерений на фиксированных частотах в соответствии с руководством по эксплуатации, выбрав соответствующую таблицу в памяти М3-121. Нажать клавишу **Ω**, перейти в меню «Калибровка», нажать «выбор ТЧК» и выбрать таблицу, соответствующую рабочему диапазону частот, с частотными коэффициентами и сопротивлениями. Нажать «выбор калибр.» и выбрать пункт «по частоте», при этом на экране рядом с надписью «ТЧК: [номер таблицы]: [название таблицы]» загорится индикатор состояния учета калибровочного коэффициента и установленного сопротивления.

10.7.1.2 Собрать схему, представленную на рисунке 2. Эталонный волноводный ваттметр выбирать в соответствии с сечением поверяемого ПТО-ХХ в соответствии с таблицей 2.

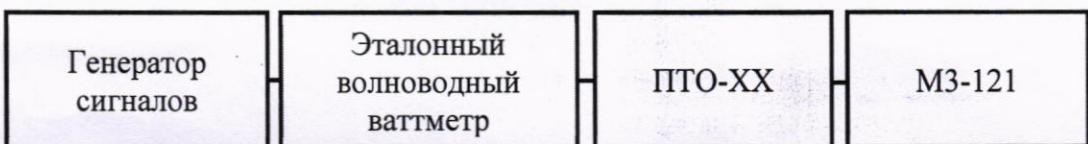


Рисунок 2 – Схема для определения относительной погрешности измерений мощности

10.7.1.3 Подготовить к работе эталонный волноводный ваттметр проходного типа и генератор сигналов в соответствии с эксплуатационной документацией на них.

10.7.1.4 Провести установку нулевых показаний ваттметра, нажав «>0<» на лицевой панели М3-121, и установить на генераторе сигналов начальную частоту в соответствии с таблицей 5 и уровень мощности, равный 10 дБм.

10.7.1.5 Включить мощность СВЧ и с помощью органов управления генератора подстроить уровень так, чтобы показания поверяемого ваттметра находились в интервале от 5 до 10 мВт.

10.7.1.6 Выключить мощность СВЧ. Установить нулевые показания эталонного и поверяемого ваттметров.

10.7.1.7 Включить мощность СВЧ. Дождаться установления показаний поверяемого и эталонного ваттметра (для поверяемого ваттметра – 2 с, для эталонного ваттметра - в соответствии с РЭ на него). Одновременно отсчитать их показания эталонного волноводного ваттметра P_3 и поверяемого ваттметра P .

10.7.1.8 Выключить мощность СВЧ. По истечении времени установления показаний ваттметров отсчитать нулевые показания поверяемого ваттметра P_0 .

10.7.1.9 Выполнить операции п.п. 10.7.1.4 – 10.7.1.7 для всех фиксированных частот в соответствии с таблицей 5 и других фиксированных частот, указанных в формуляре поверяемого ваттметра.

10.7.1.10 Рассчитать относительную погрешность δP_Φ измерений мощности на фиксированных частотах по формуле:

$$\delta P_\Phi = \left(\frac{P - 0,5 \cdot P_0}{P_3} - 1 \right) \cdot 100, \quad (4)$$

где P_3 и P - показания эталонного волноводного ваттметра и испытуемого ваттметра;

P_0 - нулевые показания испытуемого ваттметра.

Результаты зафиксировать в протоколе.

10.7.2 Определение относительной погрешности δP измерений мощности СВЧ без учета погрешностей из-за рассогласования, дрейфа «нуля» и случайной погрешности в диапазоне рабочих частот выполнить в следующей последовательности.

10.7.2.1 Перевести поверяемый ваттметр в режим измерений в диапазоне рабочих частот в соответствии с руководством по эксплуатации, выбрав соответствующую таблицу в памяти М3-121. Нажать клавишу $\textcircled{1}$, перейти в меню «Калибровка», нажать «выбор ТЧК» и выбрать таблицу, соответствующую рабочему диапазону частот, с частотными коэффициентами и сопротивлениями. Нажать «выбор калибр.» и выбрать пункт «по частоте», при этом на экране рядом с надписью «ТЧК: [номер таблицы]: [название таблицы]» загорится индикатор состояния учета калибровочного коэффициента и установленного сопротивления.

10.7.2.2 Выполнить измерения δP по п. 10.7.1 на частотах, указанных в таблице 5. Результаты зафиксировать в протоколе.

10.7.2.3 Измерить коэффициент передачи А вспомогательного волноводного аттенюатора 20 дБ. В качестве аттенюатора возможно применение коаксиального аттенюатора с переходами коаксиально-волноводными. Измерения выполнить с использованием векторного анализатора цепей из таблицы 3 или методом отношения мощностей в следующей последовательности:

10.7.2.3.1 Собрать схему, представленную на рисунке 3.

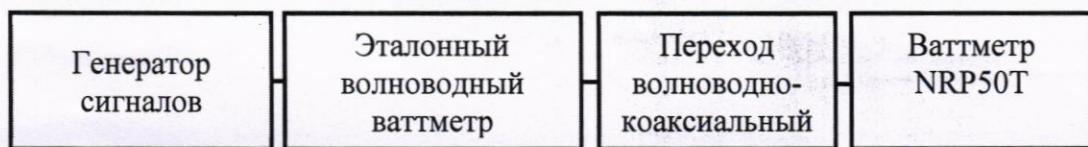


Рисунок 3 – Схема для определения коэффициента передачи вспомогательного аттенюатора

10.7.2.3.2 Подготовить к работе эталонный волноводный ваттметр проходного типа, ваттметр NRP50T и генератор сигналов в соответствии с эксплуатационной документацией на них.

10.7.2.3.3 Провести установку нулевых показаний ваттметров и установить на генераторе сигналов начальную частоту в соответствии с таблицей 5 и уровень мощности, равный 10 дБм.

10.7.2.3.4 Включить мощность СВЧ и с помощью органов управления генератора подстроить уровень так, чтобы показания поверяемого ваттметра находились в интервале от 5 до 10 мВт.

10.7.2.3.5 Выключить мощность СВЧ. Установить нулевые показания эталонного и поверяемого ваттметров.

10.7.2.3.6 Включить мощность СВЧ. Дождаться установления показаний ваттметров и одновременно отсчитать показания $P_{\text{Э}0}$ и P_{NRPA} . Выключить мощность на выходе генератора.

10.7.2.3.7 Выполнить измерения для всех частот в соответствии с таблицей 5.

10.7.2.3.8 Собрать схему, представленную на рисунке 4.

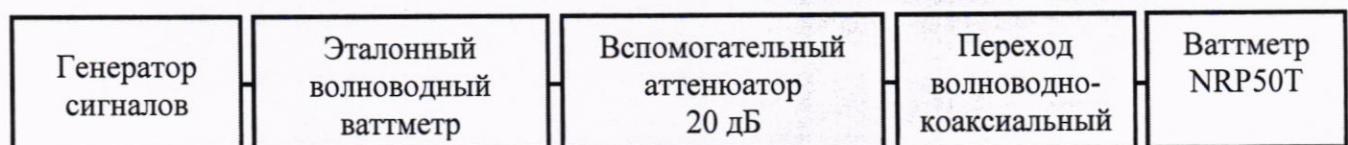


Рисунок 4 – Схема для определения коэффициента передачи вспомогательного аттенюатора

10.7.2.3.9 Провести установку нулевых показаний ваттметров и установить на генераторе сигналов начальную частоту в соответствии с таблицей 4 и уровень мощности, равный 10 дБм.

10.7.2.3.10 Включить мощность СВЧ. Дождаться установления показаний ваттметров и одновременно отсчитать показания $P_{\text{Э}A}$ и P_{NRPA} . Выключить мощность на выходе генератора.

10.7.2.3.11 Выполнить измерения для всех частот в соответствии с таблицей 4.

10.7.2.3.12 Рассчитать коэффициент передачи вспомогательного аттенюатора для всех частот в соответствии с таблицей 5 по формуле :

$$A = \left(\frac{P_{\text{NRPA}}}{P_{\text{Э}0}} \right) \cdot \left(\frac{P_{\text{NRPA}}}{P_{\text{Э}A}} \right)^{-1}. \quad (5)$$

где P_{NRPO} и P_{NRPA} – показания ваттметра NRP50T при измерениях без аттенюатора и с аттенюатором, соответственно;

$P_{\text{Э}0}$ и $P_{\text{Э}A}$ – показания эталонного волноводного ваттметра проходного типа при измерениях без аттенюатора и с аттенюатором, соответственно.

10.7.2.4 Собрать схему, представленную на рисунке 5, предварительно измерив коэффициент передачи А волноводного аттенюатора с использованием векторного анализатора цепей из таблицы 3. В качестве аттенюатора возможно применение коаксиального аттенюатора с переходами коаксиально-волноводными.

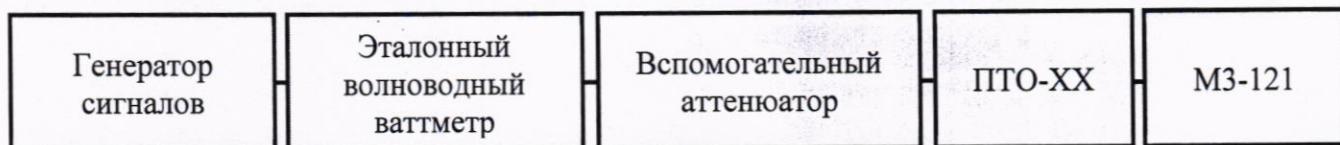


Рисунок 5 – Схема для определение относительной погрешности измерений мощности 10 мкВт

10.7.2.5 Провести установку нулевых показаний нажав «>0<» на лицевой панели М3-121 и установить на генераторе сигналов начальную частоту в соответствии с таблицей 5 и уровень

мощности, равный 10 дБм.

10.7.2.6 Включить мощность СВЧ и с помощью генератора подстроить такой уровень амплитуды, чтобы показания поверяемого ваттметра равнялись 0,01 мВт.

10.7.2.7 Выключить мощность СВЧ. Установить нулевые показания эталонного и поверяемого ваттметров.

10.7.2.8 Включить мощность СВЧ. Одновременно отсчитать показания эталонного волноводного ваттметра $P_{\text{Э}}$ и поверяемого ваттметра $P_{\text{ИЗМ}}$.

10.7.2.9 Выключить мощность СВЧ.

10.7.2.10 Выполнить измерения п.п. 10.6.2.7 – 10.6.2.9 четыре раза.

10.7.2.11 Результаты измерений занести в протокол.

10.7.2.12 Выполнить операции п.п. 10.6.2.5 – 10.6.2.11 для всех частот в соответствии с таблицей 5.

10.7.2.13 Рассчитать относительную погрешность измерений на уровне мощности равным 0,01 мВт рассчитать по формуле (6):

$$\delta_P = \left(\frac{A}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_{\text{ИЗМ}}}{P_{\text{Э}}} \right)_i - 1 \right) \cdot 100, \quad (6)$$

где n – число измерений;

A – коэффициент передачи вспомогательного аттенюатора, относительные единицы;

$P_{\text{ИЗМ}}$ – показания поверяемого ваттметра, мВт;

$P_{\text{Э}}$ – значение мощности, измеренное эталонным волноводным ваттметром, мВт.

10.7.3 Результаты поверки считать положительными, если в диапазоне измерений мощности непрерывных синусоидальных сигналов от 0,01 до 10,00 мВт значения относительной погрешности измерений мощности без учета погрешностей из-за рассогласования, дрейфа «нуля» находятся в пределах:

±2,0 на фиксированных частотах;

±5,0 в рабочем диапазоне частот.

10.8 Определение максимального отклонения от номинального значения и относительной погрешности действительных значений коэффициента масштабного преобразования преобразователя ПМФ

10.8.1 Определение действительных значений коэффициента масштабного преобразования преобразователя ПМФ проводить методом прямых измерений при помощи анализатора цепей векторного в следующей последовательности. Допускается проводить измерения косвенным методом в соответствии с п.10.6.2.

10.8.2 Подготовить анализатор цепей векторный к работе в волноводном тракте, соответствующем сечению волноводного тракта преобразователя ПМФ поверяемого ваттметра, в соответствии с эксплуатационной документацией на него. Рекомендуется к портам анализатора цепей подключить переходы волноводно-коаксиальные с использованием вспомогательных фазостабильных кабелей.

10.8.3 Установить на анализаторе цепей векторном диапазон частот согласно таблице 5. Провести двухпортовую калибровку.

10.8.4 Подключить преобразователь масштабный к анализатору цепей векторному.

10.8.5 Установить логарифмический режим измерений модуля коэффициента передачи $|S_{21}|$, дБ.

10.8.6 Провести измерения модуля коэффициента передачи $|S_{21}|$ на частотах, приведенных в таблице 5. Записать результаты измерений в протоколе.

10.8.7 Рассчитать значение коэффициента масштабного преобразования по формуле (7):

$$K_{\text{ПМФ}} = 10^{-\frac{|S_{21}|(\text{дБ})}{10}}. \quad (7)$$

10.8.8 Собрать схему, представленную на рисунке 6.

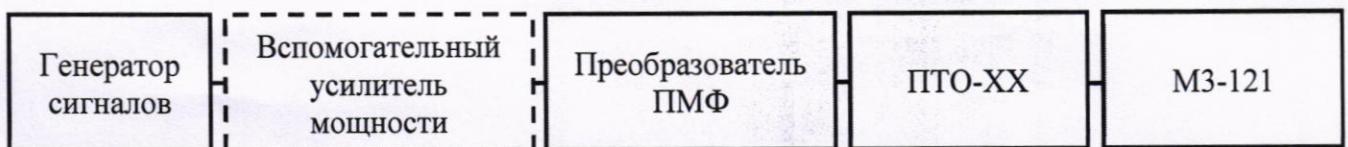


Рисунок 6 – Схема измерений действительных значений коэффициента масштабного преобразования преобразователя ПМФ

10.8.9 Включить мощность на выходе генератора минус 30 дБ (1 мВт) и, плавно увеличивая мощность, добиться показаний поверяемого ваттметра от 9 до 11 мВт без учета коэффициента масштабного преобразования. При необходимости между выходом генератора сигналов и входом преобразователя ПМФ подключить вспомогательный усилитель мощности.

10.8.10 По истечении 15 минут выключить мощность на выходе генератора, отсоединить преобразователь ПМФ и повторить измерения по пп. 10.8.3-10.8.6.

10.8.11 Рассчитать значения относительной погрешности коэффициента преобразования масштабного $K_{\text{ПМФ}}$ по формуле (8):

$$\delta K_{\text{ПМФ}} = |K_{\text{ПМФ}}^{\Phi} \cdot K_{\text{ПМФ}}^{-1} - 1| \cdot 100, \quad (8)$$

где $K_{\text{ПМФ}}^{\Phi}$ – действительные значения коэффициента передачи преобразователя масштабного, указанные в формуляре.

10.8.12 Результаты поверки считать положительными, если:

– действительные значения коэффициента преобразования масштабного находятся в интервале допустимых значений:

- (10±3) дБ для преобразователей ПМФ с номинальным с значением 10;
- (20±3) дБ для преобразователей ПМФ с номинальным с значением 100;
- (30±3) дБ для преобразователей ПМФ с номинальным с значением 1000;
- (40±3) дБ для преобразователей ПМФ с номинальным с значением 10000;

– относительная погрешность $\delta K_{\text{ПМФ}}$ коэффициента преобразования масштабного $K_{\text{ПМФ}}$ не более 5,0 %.

10.9 Проверка диапазона измерений мощности непрерывных синусоидальных сигналов с преобразователем ПМФ и определение относительной погрешности $\delta P_{\text{ПМФ}}$ измерения мощности $P_{\text{ПМФ}}$ с преобразователем ПМФ без учета погрешностей из-за рассогласования, дрейфа «нуля»

10.9.1 Выполнить измерения по п. 10.6.1 на первой частоте из таблицы 5 при уровне P_X мощности на поверяемого ваттметре от 10 до 12 мВт. При положительных результатах проверки рассчитать верхний предел измерений мощности непрерывных синусоидальных сигналов по формуле (9):

$$P_{\text{ПМФ}} = P_X \cdot K_{\text{ПМФ}}, \quad (9)$$

где $K_{\text{ПМФ}}$ – значение коэффициента масштабного преобразования, полученное в соответствии с п. 10.8.

10.9.2 Определить относительную погрешность $\delta P_{\text{ПМФ}}$ измерений с преобразователем масштабным фиксированным $P_{\text{ПМФ}}$ по формуле (10):

$$\delta P_{\text{ПМФ}} = \sqrt{(\delta P)^2 + (\delta K_{\text{ПМФ}})^2}, \quad (10)$$

где δP – максимальное значение относительной погрешности измерений мощности СВЧ без учета погрешностей из-за рассогласования, дрейфа «нуля» и случайной погрешности в диапазоне рабочих частот из полученных в соответствии с п.10.6.2;

$\delta K_{\text{ПМФ}}$ – максимальное значение относительной погрешности коэффициента преобразования масштабного $K_{\text{ПМФ}}$ из полученных в соответствии с п.4.10.11.

10.9.3 Результаты поверки считать положительными, если:

- верхний предел измерений мощности колебаний $P_{\text{ПМФ}}$ не менее $10 \cdot K_{\text{ПМФ}}$;
- относительная погрешность $\delta P_{\text{ПМФ}}$ измерений с преобразователем масштабным фиксированным $P_{\text{ПМФ}}$ находится в пределах $\pm 7,0 \%$.

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.

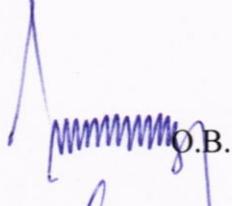
11.3 При положительных результатах поверки по заявлению владельца ваттметра или лица, предъявившего его на поверку, выдается свидетельство о поверке и (или) в формуляр ваттметра вносится запись о проведенной поверке, заверяемая подписью поверителя и знаком поверки, с указанием даты поверки.

11.4 Знак поверки в виде наклейки наносится на корпус измерителя мощности термисторного унифицированного М3-121 из состава М3-122, и (или) выдаётся свидетельство о поверке на ваттметр М3-122, и (или) в документ МФРН.411734.026 ФО «Ваттметр оконечного типа волноводный термисторный М3-122. Формуляр» вносится запись о проведенной поверке, заверяемая подписью поверителя и знаком поверки, с указанием даты поверки.

11.5 На основании письменного заявления владельца ваттметра допускается проводить периодическую поверку отдельных измерительных блоков из состава средства измерений, для меньшего числа измеряемых величин, которые используются при эксплуатации по соответствующим пунктам настоящей методики поверки. Данные ограничения должны быть зафиксированы при оформлении результатов поверки.

11.6 Ваттметр, имеющий отрицательные результаты поверки, в обращение не допускается. На него выдается извещение о непригодности к применению с указанием причин забракования по установленной форме.

Начальник НИО-1 ФГУП «ВНИИФТРИ»


О.В. Каминский

Зам. начальника НИО-1 ФГУП «ВНИИФТРИ»


И.П. Чирков

Научный сотрудник лаборатории 111
НИО-1 ФГУП «ВНИИФТРИ»


А.И. Матвеев