

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ
И ИНСТРУКЦИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ
I.401.034 TO

ВНИМАНИЕ !

Изменения по тексту приведены в конце документа во вложении.

ВНИМАНИЕ!

Для предотвращения выхода из строя преобразователя необходимо соблюдать следующие правила:

1. Не подключать преобразователь к выходу проверяемого объекта с неизвестной величиной выходной мощности, не ослабив СВЧ сигнал встроенным или включенным в схему проверки аттенуатором.

2. При перестройке частоты проверяемого объекта, обладающего неравномерным или неизвестным распределением мощности в исследуемом диапазоне частот, отключать преобразователь от объекта или вводить значительное ослабление СВЧ сигнала.

3. Не прикасаться к контактам разъемов РСТВ4, РСТВ10 при подсоединении преобразователя к проверяемому объекту (возможно повреждение термопары статическим электричеством).

4. Проверку выходного сопротивления преобразователя разрешается производить прибором В7-16 или другим омметром с выходным напряжением на клеммах не более 2,8 В и током в измеряемой цепи не более 1,5 мА.

СОДЕРЖАНИЕ

I. Назначение	4
2. Технические данные	5
3. Состав ваттметра	9
4. Устройство и работа ваттметра и его составных частей	II
4.1. Принцип действия	II
4.2. Схема электрическая принципиальная измерительного блока Я2М-66	12
4.2.1. Описание структурной схемы измерительного блока Я2М-66	12
4.2.2. Органы управления и контроля	12
4.3. Схема электрическая принципиальная измерительного преобразователя	14
4.4. Схема электрическая соединений ваттметра	15
4.5. Конструкция	15
4.5.1. Конструкция измерительного блока Я2М-66	15
4.5.2. Конструкция измерительного преобразователя	15
5. Маркирование и пломбирование	16
6. Общие указания по эксплуатации	16
7. Указание мер безопасности	17
8. Подготовка к работе	18
9. Порядок работы	18
9.1. Подготовка к проведению измерений	18
9.2. Проведение измерений	19
10. Характерные неисправности и методы их устранения	21
II. Техническое обслуживание	22
12. Указания по поверке	23
12.1. Операции и средства поверки	23
12.2. Условия поверки и подготовка к ней	29
12.3. Проведение поверки	29
12.4. Оформление результатов поверки	36
13. Правила хранения	37
14. Транспортирование	37
14.1. Тара, упаковка и маркирование упаковки	37
14.2. Условия транспортирования	37
Приложения	39

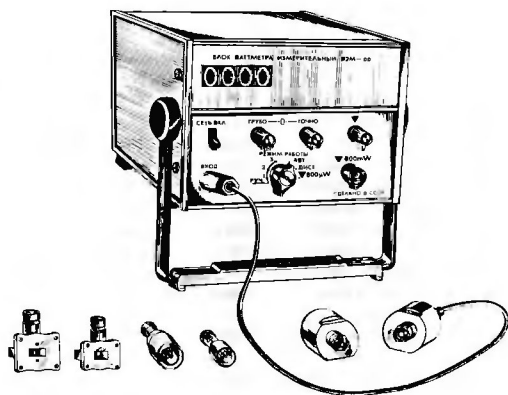


Рис.1. Внешний вид ваттметра МЗ-5И.

1. НАЗНАЧЕНИЕ

1.1. Ваттметр поглощаемой мощности МЗ-5И предназначен для измерения мощности синусоидальных СВЧ сигналов и среднего значения мощности импульсно-модулированных СВЧ сигналов в коаксиальных трактах $\varnothing 7 \times 3$.

Внешний вид ваттметра МЗ-5И показан на рис.1. Ваттметр состоит из измерительного блока и измерительного термоэлектрического преобразователя.

1.2. Рабочие условия эксплуатации:

температура окружающей среды от 263 до 323 К (от минус 10 до плюс 50 °С);

относительная влажность воздуха до 95 % при температуре 303 К (30 °С);

напряжение сети 220 ± 22 В, частота $50 \pm 0,5$ Гц; напряжение сети 220 ± 11 В, частота 400 ± 12 Гц;

атмосферное давление 60–106,7 кПа (460–800 мм рт.ст.).

1.3. Основные области применения: измерение выходной мощности измерительных генераторов и других источников СВЧ сигналов, поверка ваттметров классов 15 и 25, измерение затухания четырехполосников, измерение уровня излучения с применением калиброванных антенн.

2. ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

2.1. Ваттметр относится к классу 4/0,1 ГОСТ 8.401-80 в диапазоне частот от 0,02 до 12 ГГц и к классу 6/0,1 ГОСТ 8.401-80 в диапазоне частот свыше 12 до 17,85 ГГц.

Соответственно основная погрешность ваттметра без учета рас- согласования и погрешности дополнительных переходов не превышает значений:

$$\delta = \pm [4 + 0,1 \left(\frac{P_K}{P_X} - 1 \right)] \% \quad (1)$$

в диапазоне частот от 0,02 до 12 ГГц

$$\delta = \pm [6 + 0,1 \left(\frac{P_K}{P_X} - 1 \right)] \% \quad (2)$$

в диапазоне частот свыше 12 до 17,85 ГГц, где P_K – конечное значение установленного предела измерений;

P_X – показание ваттметра.

2.2. При работе с переходами, входящими в комплект преобразователя, погрешность ваттметра не превышает значений:

с переходом 5.433.020-01 в диапазоне частот 0,02–4 ГГц и с переходом 5.433.021-01 в диапазоне частот 0,02–10 ГГц

$$\delta = \pm [5 + 0,1 \left(\frac{P_K}{P_X} - 1 \right)] \% \quad (3)$$

с переходом 5.433.022-01 в диапазоне частот 8,24–12,05 ГГц

$$\delta = \pm [10 + 0,1 \left(\frac{P_K}{P_X} - 1 \right)] \% \quad (4)$$

с переходом 5.433.023-01 в диапазоне частот 12,05–17,44 ГГц

$$\delta = \pm [15 + 0,1 \left(\frac{P_K}{P_X} - 1 \right)] \% \quad (5)$$

Примечание: Погрешность ваттметра при работе с переходами 5.433.020-01 и 5.433.021-01 не превышает значения $\pm [10 + 0,1 \left(\frac{P_K}{P_X} - 1 \right)] \%$ при проверке с помощью преобразователя падающей мощности, аттесто-

ванного с погрешностью 2,5 %.

2.3. Составляющая основной погрешности ваттметра, обусловленная нелинейной зависимостью их показаний от уровня измеряемой мощности, не должна превышать $\pm 1,8$ %.

2.4. Составляющая основной погрешности ваттметра, обусловленная калибровкой от встроенных калибраторов, не должна превышать $\pm 1,6$ %.

2.5. Диапазон частот: 0,02-17, 85 ГГц.

2.6. Пределы измерений мощности синусоидальных СВЧ сигналов и среднего значения мощности импульсно-модулированных сигналов при импульсной мощности до 1 Вт, длительности импульсов до 10 мкс 10^{-6} - 10^{-2} Вт. Конечные значения пределов: 0,3-10 мВт.

2.7. Волновое сопротивление СВЧ входа ваттметра 50 Ом. Присоединительные размеры и несосность коаксиальных СВЧ разъемов сечением $\varnothing 7 \times 3$ измерительных преобразователей и дополнительных переходов соответствуют типу III вариант 1 ГОСТ 13317-80. Присоединительные размеры и несосность других сечений СВЧ разъемов дополнительных переходов соответствуют ГОСТ 13317-80.

2.8. Коэффициент стоячей волны ($K_{ст}$) измерительного преобразователя не более:

1,3 в диапазоне частот от 0,02-12 ГГц;

1,4 в диапазоне частот свыше 12 до 17,85 ГГц.

2.9. Коэффициент стоячей волны измерительного преобразователя с дополнительными переходами не превышает значений, приведенных в табл. I.

Таблица I

Преобразователь с переходом	Диапазон частот, ГГц	$K_{ст}$
5,433,020-01	0,02-4	1,35
5,433,021-01	0,02-10	1,4
5,433,022-01	8,24-12,05	1,6
5,433,023-01	12,05-17,44	1,8

2.10. Коэффициент эффективности ($K_{э}$):

0,96-1,06 в диапазоне частот 0,02-12 ГГц;

0,93-1,05 в диапазоне частот свыше 12 до 17,85 ГГц.

Отклонение величины $K_{э}$ от фактического значения, указанного в формуле ваттметра, не превышает $\pm 0,03$ на частотах от 0,02 до 12 ГГц и $\pm 0,04$ на частотах свыше 12 до 17,85 ГГц. Разность между значениями $K_{э}$ на частотах 12 и 17,85 ГГц не превышает 0,06.

2.11. Дополнительная температурная погрешность ваттметра, вызванная отклонением температуры окружающего воздуха от нормальной до любой температуры в пределах от минус 10 до плюс 50 °C, не превышает 1 % на 10 °C.

2.12. Дополнительная погрешность в условиях повышенной влажности не превышает 2 %.

2.13. Время установления показаний ваттметра до значения 98 % от установившегося уровня не превышает 5 с на пределе РЧЧ 1, 1 с на пределе РЧЧ 2; 0,5 с на пределе РЧЧ 3 и 10 с в режиме автоматического переключения пределов.

2.14. Время сохранения калибровки ваттметра от встроенного калибратора мощности не менее 1 ч.

2.15. Нестабильность показаний ваттметра в установившемся режиме, включая "дрейф нуля" при неизменной температуре окружающего воздуха (в пределах ± 1 °C) в нормальных условиях не превышает 0,4 мкВт/мин.

Максимальное значение нестабильности показаний ваттметра, вызванной скачкообразным изменением температуры присоединительного фланца, не превышает 4 мкВт/мин град.

2.16. Ваттметр сохраняет технические характеристики после воздействия в течение 3 мин перегрузочной мощности, равной 15 мВт.

2.17. Время самопрогрева ваттметра 30 мин.

2.18. Питание: сеть переменного тока 220 $\pm$ 22 В, частотой 50 Гц и содержанием гармоник до 5 %; напряжением 220 $\pm$ 11 В, частотой 400 Гц и содержанием гармоник до 5 %.

2.19. Мощность, потребляемая от сети 50 Гц при номинальном напряжении, не более 30 В·А.

2.20. Нормальные условия эксплуатации и предельные условия транспортирования должны соответствовать данным, приведенным в табл. 2.

Таблица 2

Условия эксплуатации	Температура, К	Относительная влажность воздуха, %	Атмосферное давление, кПа	Параметры сети	
				напряжение, В	частота, Гц
Нормальные	293 $\pm$ 5 (20 $\pm$ 5 °C)	30-80 при температуре 293 $\pm$ 5 К (20 $\pm$ 5 °C)	84-106 (630-795 мм рт.ст.)	220 $\pm$ 4,4	50 $\pm$ 0,5
Предельные	Повышенная 338	до 95 при температуре	-	-	-

Продолжение таблицы 2

Условия эксплуатации	Температура, К	Относительная влажность воздуха, %	Атмосферное давление, кПа	Параметры сети	
				напряжение, В	частота, Гц
(+65 °С)	303 К (30 °С)				
Пониженная 223 (-50 °С)			-	-	-

Ваттметр сохраняет свои технические характеристики в пределах норм, указанных в пунктах 2.1-2.19, в рабочих условиях эксплуатации (п.1.2), а также после пребывания в предельных условиях с последующей выдержкой в нормальных или рабочих условиях в течение 6 ч.

2.21. Ваттметр допускает непрерывную работу в рабочих условиях в течение 16 ч при сохранении своих технических характеристик.

2.22. Время наработки на отказ ваттметра - не менее 8000 ч. Срок службы 10 лет. Технический ресурс 10000 ч.

2.23. Габаритные размеры и массы блока ваттметра, преобразователей, укладочных и транспортных ящиков не должны превышать значений, приведенных в табл.3 и примечаниях.

Таблица 3

Наименование	Без упаковки		В укладочном ящике		В транспортной таре	
	мм	кг	мм	кг	мм	кг
Блок ваттметра измерительный ЯЗМ-66	255х240х322	6,5	460х329х443	16	См. примечание	
Преобразователь измерительный термомолекулярный 4.681.471	63х36,5	0,15	340х225х95	3	См. примечание	

Примечания: 1. В общепромышленном исполнении блок ваттметра измерительный укладывается в коробку 6.876.113-13 с габаритными размерами 426х366х330 мм. Масса блока с коробкой 10 кг. Масса преобразователя измерительного с комплектом в укладочном ящике 3 кг.

2. Блок ваттметра измерительный ЯЗМ-66 и преобразователь измерительный со своими укладочными ящиками упаковываются в один транспортный ящик с габаритными размерами не более: для приборов с прямой заказчика 578х506х496 мм; для приборов в общепромышленном исполнении 578х456х496 мм. Масса ваттметра в транспортной таре 36 кг. Для приборов в общепромышленном исполнении 30 кг.

3. СОСТАВ ВАТТМЕТРА

3.1. Состав комплекта ваттметра приведен в табл.4.

Таблица 4

Наименование	Обозначение	Количество	Примечание
1. Блок ваттметра измерительный ЯЗМ-66	2.720.056	1 шт.	
2. Комплект комбинированный в составе:	4.068.794		
- вставка плавкая ВПИ-1			
I,0 А 250 В	0.480.003	3 шт.	
- пакет	8.865.037	1 шт.	
- ящик укладочный	4.162.079	1 шт.	
3. Блок ваттметра измерительный ЯЗМ-66			
Техническое описание и инструкция по эксплуатации	2.720.056 Т0	1 экз.	
4. Ваттметр поглощаемой мощности МЗ-51			
Техническое описание и инструкция по эксплуатации	1.401.034 Т0	1 экз.	
5. Ваттметр поглощаемой мощности МЗ-51			
Формуляр	1.401.034 Ф0	1 экз.	
6. Преобразователь измерительный термомолекулярный с комплектом:	4.681.471	2 шт.	
- кабель соединительный	4.853.617	1 шт.	Маркировка "200 Ом"

Продолжение табл. 4

Наименование	Обозначение	Количество	Примечание
- переход коаксиальный ($\phi 16 \times 7 / \phi 7 \times 3$)	5.433.020-01	1 шт.	
- переход коаксиальный ($\phi 10 \times 4,34 / \phi 7 \times 3$)	5.433.021-01	1 шт.	
- переход волноводно- -коаксиальный ($23 \times 10 / \phi 7 \times 3$)	5.433.022-01	1 шт.	
- переход волноводно- -коаксиальный ($16 \times 8 / \phi 7 \times 3$)	5.433.023-01	1 шт.	
- болт установочный	8.920.002-02	2 шт.	
- болт	8.920.001-02	2 шт.	
- гайка	8.930.011-01	4 шт.	
7. Ящик укладочный	4.161.045-07	1 шт.	

Примечание. В общепромышленном исполнении блок ваттметра измерительный упаковывается в коробку 6.876.113-13, преобразователь измерительный с комплектом упаковывается в ящик 4.161.057-04.

3.2. Для проверки ваттметра в метрологических органах выпускается комплект комбинированный 4.068.846, который поставляется для поверочных органов по требованию заказчика.

Состав комплекта приведен в табл. 5.

Таблица 5

Наименование	Обозначение	Количество	Примечание
Комплект комбинированный для проверки, включающий:	4.068.846		
- техническое описание и инструкция по эксплуатации	4.068.846 Т0	1 экз.	
- формуляр	4.068.846 Ф0	1 экз.	
- переход	2.236.016-02	1 шт.	$17 \times 8 / \phi 7 \times 3$
- переход	2.236.016-03	1 шт.	$11 \times 5,5 / \phi 7 \times 3$
- шнур соединительный	4.860.155	1 шт.	
- шнур соединительный	4.860.156	1 шт.	
- устройство присоединительное	3.669.046	1 шт.	

10.

Продолжение таблицы 5

Наименование	Обозначение	Количество	Примечание
- устройство присоединительное	3.669.047	1 шт.	
- ящик укладочный	4.161.045-09	1 шт.	
- наконечник 8739-5010	8.123.002	1 шт.	

4. УСТРОЙСТВО И РАБОТА ВАТТМЕТРА И ЕГО СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ

4.1. Принцип действия

4.1.1. В основу работы ваттметра положен принцип преобразования мощности СВЧ в тепловой вид энергии и измерения образующей на выходе измерительного преобразователя (далее преобразователя) термоЭДС, которая пропорциональна подведенной к нему мощности СВЧ.

4.1.2. Основными блоками ваттметра являются преобразователь, в котором происходит преобразование СВЧ мощности, и блок ваттметра измерительный ЯЗМ-66 с цифровым индикатором, прямопоказывающим величину измеряемой мощности в мВт, мВт.

4.1.3. Описание принципа действия измерительного блока приведено в техническом описании 2.720.056 Т0.

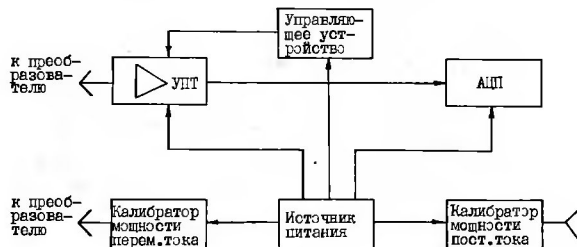


Рис. 2. Схема электрическая структурная измерительного блока ваттметра

4.1.4. Преобразование СВЧ мощности происходит непосредственно в нитевидных термопарах, которые являются СВЧ согласованной нагрузкой, включенной на конце отрезка передающего тракта преобразователя.

4.2. Схема электрическая принципиальная измерительного блока ЯЗМ-66

Схема электрическая принципиальная измерительного блока приведена в техническом описании 2.720.056 ТО.

4.2.1. Описание структурной схемы измерительного блока ЯЗМ-66.

Структурная схема измерительного блока ваттметра (рис.2) включает в себя:

- усилитель постоянного тока (УПТ);
- аналого-цифровой преобразователь (АЦП);
- управляющее устройство;
- источник питания;
- калибратор мощности переменного тока;
- калибратор мощности постоянного тока.

УПТ усиливает выходное напряжение преобразователя до значения, необходимого для устойчивой работы АЦП.

АЦП преобразует напряжение постоянного тока в интервалы времени, заполняемые импульсами опорной частоты, количество которых, пропорциональное подводимой к преобразователю СВЧ мощности, подсчитывается счетчиком цифрового индикатора АЦП.

Управляющее устройство содержит элементы для автоматического или дистанционного переключения пределов измерения и индикации условного обозначения измеряемой величины.

Источник питания выдает напряжение для всех перечисленных выше узлов измерительного блока.

Калибратор мощности переменного тока обеспечивает на нагрузке 200 и 400 Ом уровень мощности 800 мВт. Он используется для самонастройки ваттметров МЗ-51, МЗ-52, МЗ-53.

Калибратор мощности постоянного тока обеспечивает на нагрузке 50 Ом уровень мощности 800 мВт. Он используется для самонастройки ваттметров, работающих с преобразователями на средний и большой уровни мощности.

4.2.2. Органы управления и контроля.

Управление работой ваттметра может осуществляться непосредственно вручную, полуавтоматически и дистанционно, для чего преду-

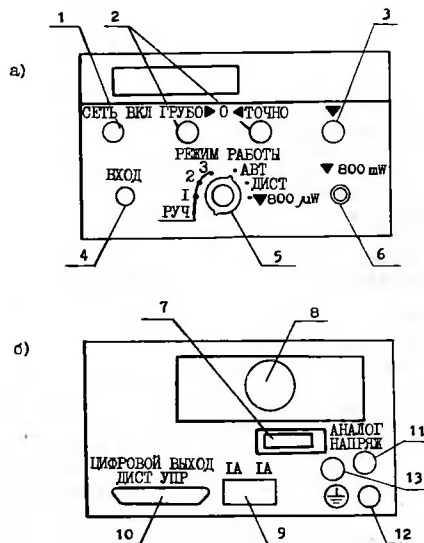


Рис.3. Расположение органов управления на передней (а) и задней (б) панелях измерительного блока ваттметра.

смотрены на передней и задней панелях измерительного блока соответствующие органы управления и присоединительные разъемы (рис.3). Возле органов управления на панелях имеются надписи и условные обозначения. Ниже приводится перечень надписей, наименований и назначения органов управления:

1. СЕТЬ ВКЛ. Тумблер включения ваттметра.
2. ГРУБО >0 < ТОЧНО. Потенциометры для грубой и точной установки нуля.
3. ▼ Потенциометр для регулировки усиления в процессе калибровки ваттметра.

4. ВХОД. Разъем для присоединения измерительного преобразователя.

5. РЕЖИМ РАБОТЫ. Переключатель для переключения режимов работы.

6. 800 мВ. Разъем для присоединения измерительных калориметрических преобразователей среднего и большого уровней мощности при калибровке ваттметра на постоянном токе.

7. СЧЕТЧИК. Регистрация времени наработки.

8. Радиатор транзистора.

9. Крышка держателей вставок плавких.

10. ЦИФРОВОЙ ВЫХОД ДИСТ УПР. Разъем для включения в автоматизированную систему.

11. АНАЛОГ НАПРЯЖ. Разъем для присоединения аналогового индикатора.

12. ~ 220 В 50 ВА 50 Гц 400 Гц. Ввод шнура питания.

13.  Клемма защитного заземления.

4.3. Схема электрическая принципиальная измерительного преобразователя

4.3.1. Схема электрическая принципиальная термоэлектрического преобразователя 4.681.471 приведена в приложении 1.

СВЧ сигнал со входа преобразователя через конденсатор С1, смонтированный на конце внутреннего проводника отрезка коаксиальной линии, поступает непосредственно на две последовательно соединенные между собой нитевидные пленочные терморезисторы Тп1, Тп2, где он и рассеивается. Напряжение термоЭДС, образуемое в результате нагрева терморезистора, подается на контакты 1, 2 низкочастотного разъема Ш2.

Так как терморезисторы находятся включенными, как в цепь переменного тока высокой частоты, так и в цепь постоянного тока, то чтобы исключить взаимное влияние этих цепей в преобразователе установлены конденсаторы С2 и С3.

Полупроводниковые диоды Д1-Д4 защищают терморезисторы от прямого воздействия паразитных сигналов, возникающих при различных переходных процессах в приборах, причем диоды Д1-Д2 защищают от паразитных сигналов положительной полярности, а диоды Д3-Д4 - отрицательной. Подключение диодов к терморезистору происходит только после присоединения кабеля к преобразователю (приложение 2). Кабель предназначен для соединения преобразователя с измерительным блоком.

4.4. Схема электрическая соединений ваттметра

Схема электрическая соединений ваттметра представлена в приложении 2.

Преобразователь У1 присоединяется к измерительному блоку У2 посредством экранированного кабеля. Ваттметр может включаться в автоматическую систему с дистанционным управлением с помощью разъема Ш4/У2 и соединительного кабеля (в комплект ваттметра не входит) и выдавать сигнал на цифро-печатающее устройство. При этом не допускается соединение контакта Ш4/29 (общий) с корпусом измерительного блока и внешних устройств.

В процессе работы измерительный блок ваттметра вырабатывает аналоговый сигнал и подает его на гнезда разъема Ш1/У2. Посредством этого разъема и соответствующего кабеля (кабель на рисунках не показан) аналоговое напряжение может быть подведено к аналоговому индикатору. Значение аналогового напряжения 3 В на нагрузке не менее 100 кОм при конечном значении любого из пределов измерения.

4.5. Конструкция

4.5.1. Конструкция измерительного блока Я2М-66.

Блок ваттметра измерительный Я2М-66 сконструирован в типовом малогабаритном корпусе. Все узлы измерительного блока выполнены с применением печатного монтажа. Некоторые крупногабаритные элементы и органы управления крепятся к корпусу самостоятельно. В случае необходимости вскрытия измерительного блока следует производить как указано в техническом описании 2.720.056 ТО.

В заднюю панель измерительного блока смонтирован электрохимический счетчик времени (ресурсомер) типа ЗСВ-2,5-12,6, предназначенный для определения суммарного времени наработки ваттметра при его настройке, испытаниях, эксплуатации.

Отсчет наработанного времени производится по делению шкалы, против которого находится мениск правого столбика рути.

Если зазор между двумя столбиками рути переместился на 90-95 % (не более) по всей шкале, нужно изменить направление отсчета путем смены полярности питания счетчика. При этом отсчет будет производиться в обратном порядке.

Более подробное описание конструкции измерительного блока приведено в техническом описании 2.720.056 ТО.

4.5.2. Конструкция измерительного преобразователя.

Измерительный преобразователь 4.681.471 (приложение 3) представляет собой отрезок коаксиального СВЧ тракта $\phi 7 \times 3$ со стандарт-

ным разъемом типа III вариант I по ГОСТ I3317-80. На торцевой поверхности центрального проводника смонтирован конденсатор СИ из титановой керамики, обеспечивающий малое сопротивление токам СВЧ и препятствующий проникновению постоянного тока в цепь СВЧ.

Внутри преобразователя на согласующей пластине, изолированной от корпуса преобразователя, устанавливаются термопары. С обкладок конденсаторов, контактирующих с согласующей пластиной, производится съём напряжения термоДДС.

В корпусе преобразователя устанавливается плата с двумя ДД-14.

Для защиты от воздействия внешних электромагнитных полей преобразователь закрывается экраном, роль которого выполняет металлический кожух, на котором крепится разъем.

5. МАРКИРОВАНИЕ И ПЛОМБИРОВАНИЕ

5.1. Наименование ваттметра, условное его обозначение и год изготовления указываются только в эксплуатационной документации.

5.2. Наименование и условное обозначение измерительного блока нанесены в верхней части лицевой панели.

5.3. Заводской порядковый номер измерительного блока и год изготовления расположены в левом верхнем углу задней панели.

5.4. На кожухе преобразователя нанесены наименование, номер чертежа, год изготовления и значение максимальной входной мощности.

5.5. Все элементы и составные части, установленные на панели, панелях и печатных платах измерительного блока, имеют маркировку позиционных обозначений в соответствии с позиционными обозначениями перечней элементов к электрическим принципиальным схемам.

5.6. Измерительный блок и преобразователь, принятые ОТК, пломбуются мастичными пломбами, которые устанавливаются на верхней и нижней крышках измерительного блока и кожухе преобразователя.

6. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

6.1. После длительного хранения следует произвести внешний осмотр, опробование, а затем поверку метрологических параметров согласно разделу I2.

6.2. При внешнем осмотре необходимо проверять:

- сохранность пломб. Повреждение пломб потребителем является нарушением правил эксплуатации;
- комплектность согласно табл.4;

- отсутствие видимых механических повреждений, влияющих на точность показаний ваттметров;

- наличие и прочность крепления органов управления и коммутации, четкость фиксации их положений, плавность вращения ручек органов настройки, наличие предохранителей в измерительном блоке ИЭМ-66;

- чистоту гнезд, разъемов и клемм;

- состояние соединительных кабелей, переходов.

6.3. При работе в полевых условиях необходимо предусмотреть меры защиты ваттметра от непосредственного попадания на него атмосферных осадков в виде дождя и снега, то есть работать в закрытом помещении или временном укрытии (в палатке, под навесом).

6.4. Сделать отметку в формуляре о начале эксплуатации и записывать показания счетчика наработки.

В процессе эксплуатации показания счетчика периодически 4 раза в год записываются в формуляр.

До включения ваттметра необходимо ознакомиться с разделами I,4,6,7,8,9 описания.

7. УКАЗАНИЯ МЕР БЕЗОПАСНОСТИ

7.1. По степени защиты от поражения электрическим током прибор относится к классу СИ I (для экспорта) ГОСТ I2.2.007.0-75.

7.2. В приборе имеются постоянное и переменное напряжения 220 В, опасные для жизни, поэтому при эксплуатации, контрольно-профилактических и регулировочных работах, производимых с прибором, строго соблюдайте соответствующие меры предосторожности:

перед включением прибора в сеть убедитесь в исправности сетевого соединительного шнура и соедините клемму "⊕" с шиной защитного заземления. Отсоединять клемму "⊕" от шины защитного заземления допускается только после отсоединения всех остальных элементов;

работа с прибором без заземления категорически запрещается; замену любого элемента производите только при отключенном от сети соединительном шнуре;

при регулировании и измерениях в схеме прибора пользуйтесь надежно изолированным инструментом и пробниками.

7.3. При работе прибора совместно с другими приборами или включении его в состав установки необходимо заземлить все приборы.

7.4. К работам по профилактике и ремонту прибора допускаются

лица, прошедшие инструктаж и сдавшие зачет по технике безопасности.

8. ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ

8.1. Перед началом работы следует внимательно изучить техническое описание и инструкции по эксплуатации ваттметра и измерительного блока ИЭМ-66, а также ознакомиться с расположением и назначением органов управления и контроля на передней и задней панелях измерительного блока (п.4.2.2).

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

8.3. Проверить, заземлен ли измерительный блок.

8.4. Установить тумблер СЕТЬ ВКЛ на передней панели в нижнее положение.

8.5. Присоединить к измерительному блоку преобразователь с помощью кабеля соединительного.

8.6. Установить переключатель РЕЖИМ РАБОТЫ в положение АВТ.

8.7. Подсоединить кабель питания к сети. Остальные органы управления могут находиться в произвольном положении.

8.8. Для избежания повреждения преобразователя статическим электричеством категорически запрещается прикасаться к контактам разъема РСТВ4.

9. ПОИСК РАБОТЫ

9.1. Подготовка к проведению измерений

9.1.1. Тумблер СЕТЬ ВКЛ на измерительном блоке переводят в верхнее положение. При этом должны загореться лампы на табло и лампочка подсвета условного обозначения единиц измерений.

9.1.2. До проведения измерений ваттметр прогревают в течение 30 мин.

9.1.3. После прогрева устанавливают нуль на пределе РЧЧ I, поворачивая вправо (влево) ручки установки нуля ГРУБО и ТОЧНО.

9.1.4. Производят опробование ваттметра. При отсутствии на входе преобразователя мощности и нормальной работе измерительного блока с помощью ручек установки нуля ГРУБО и ТОЧНО на табло должно устанавливаться показание

000,0 мВ на пределе РЧЧ I;

0000 мВ на пределе РЧЧ 2;

00,00 мВ на пределе РЧЧ 3.

9.1.5. Осуществляют калибровку ваттметра. Для этого следует:

- перевести переключатель РЕЖИМ РАБОТЫ в положение 800 мВ и, поворачивая ручку потенциометра ∇ , установить на табло показание 800 мВт;

- перевести переключатель РЕЖИМ РАБОТЫ в положение АВТ.

9.2. Проведение измерений

9.2.1. Ваттметр обеспечивает измерение мощности в следующих режимах:

- ручное переключение пределов измерений (положение переключателя РЕЖИМ РАБОТЫ - РЧЧ 1, РЧЧ 2, РЧЧ 3); соответственно конечные значения пределов: 300 мВт-3-10 мВт;

- автоматическое переключение пределов (положение переключателя РЕЖИМ РАБОТЫ - АВТ);

- дистанционное управление (положение переключателя РЕЖИМ РАБОТЫ - ДИСТ).

Примечание. Во избежание вывода измерительного преобразователя из строя при измерении средней мощности импульсно-модулированных СВЧ сигналов оператору следует помнить, что импульсная мощность не должна превышать 1 Вт при средней мощности не более 10⁻² Вт. При этом:

$P_{cp} = P_{имп} \cdot F \cdot \tau$,

где P_{cp} - средняя мощность импульсно-модулированного сигнала, Вт;

$P_{имп}$ - импульсная мощность, Вт;

F - частота импульсов, Гц;

τ - длительность импульсов, с.

Длительность импульсов не должна превышать 10 мкс.

9.2.2. Для проведения измерений в режиме ручного переключения пределов измерений следует прежде всего установить переключатель РЕЖИМ РАБОТЫ в такое положение, чтобы предполагаемый уровень измеряемой мощности не превышал конечное значение выбранного предела. Затем присоединить преобразователь к выходу источника СВЧ мощности, спустя несколько секунд отсчитать показание цифрового индикатора. После этого определить значение измеряемой мощности по формуле:

$$P_{изм} = \frac{P_{х}}{K_{\alpha}(1 - |\Gamma_{пр}|^2)} \quad (?)$$

где $P_{х}$ - показание цифрового индикатора;

K_{α} - коэффициент эффективности, берется из формулы на ваттметр для соответствующей частоты измерения;

$|Г_{\text{пр}}|$ - модуль коэффициента отражения преобразователя.
Модуль коэффициента отражения преобразователя $|Г_{\text{пр}}|$ определяется по формуле:

$$|Г_{\text{пр}}| = \frac{K_{\text{ст}} - 1}{K_{\text{ст}} + 1} \quad (8)$$

где $K_{\text{ст}}$ - коэффициент стоячей волны преобразователя.

Примечание. Если при измерениях используются коаксиальные и коаксиально-волноводные переходы, значение $K_{\text{с}}$ с переходами вычисляется по формуле:

$$K'_{\text{с}} = K_{\text{с}} - \alpha \quad (8a)$$

где $K_{\text{с}}$ - значение коэффициента эффективности измерительного преобразователя, указанное в формуляре ваттметра для соответствующего диапазона частот;

$\alpha = 0$ - при проверке с переходами 5.433.020-01 и 5.433.021-01 на частотах до 4 ГГц;

$\alpha = 0,01$ - при проверке с переходом 5.433.021-01 на частотах выше 4 до 10 ГГц;

$\alpha = 0,03$ - при проверке с переходом 5.433.022-01 на частотах выше 8,24 до 12,05 ГГц;

$\alpha = 0,02$ - при проверке с переходом 5.433.023-01 на частотах выше 12,05 до 17,44 ГГц.

Если показания цифрового индикатора менее 0,1 от конечного значения выбранного предела измерений, следует переключатель РЕЖИМ РАБОТЫ перевести в положение, соответствующее более низкому пределу измерений.

При неизвестном уровне мощности переключатель РЕЖИМ РАБОТЫ следует устанавливать в положение РУЧ.З.

Оператору следует помнить, что в процессе измерений при непосредственном подключении измерительного преобразователя к выходу источника СВЧ мощности возникает погрешность, обусловленная несоответствием выходного импеданса преобразователя ваттметра волновому (характеристическому) сопротивлению линии передачи. Чтобы исключить из результата измерений эту погрешность, необходимо значение измеряемой мощности определить из выражения:

$$P_{\text{изм}} = \frac{P_{\text{х}}(1 - Г_{\text{г}} \cdot Г_{\text{пр}})^2}{K_{\text{с}}(1 - |Г_{\text{пр}}|^2)} \quad (9)$$

где $Г_{\text{г}}$, $Г_{\text{пр}}$ - комплексные значения коэффициентов отражения генератора и измерительного преобразователя на измеряемой частоте.

Обычно известны только модули коэффициентов отражения и за

результат измерений принимается значение, найденное из выражения (7)

$$P_{\text{изм}} = \frac{P_{\text{х}}}{K_{\text{с}}(1 - |Г_{\text{пр}}|^2)}$$

При этом погрешность рассогласования составит

$$\delta_{\text{рас}} = \pm 2 |Г_{\text{г}}| \cdot |Г_{\text{пр}}| \quad (10)$$

Модуль коэффициента отражения генератора $|Г_{\text{г}}|$ определяется из формулы (8), где $K_{\text{ст}}$ берется из эксплуатационной документации на генератор.

9.2.2. Режим работы ваттметра с автоматическим переключением пределов используется при работе ваттметра в автоматизированных цифровых измерительных системах.

9.2.4. При дистанционном управлении производится дистанционное переключение пределов измерений с помощью потенциальных сигналов (значение логического нуля $\leq 0,4$ В, логической единицы $\geq 2,4$ В), поступающих от цифровых измерительных систем.

9.2.5. Следует помнить, что преобразователи требуют бережного обращения с ними и во избежании выхода из строя не должны перегружаться мощностью сверх установленной нормы 10 мВт.

9.2.6. В процессе измерений оператор должен производить периодическую проверку установки нуля (п.9.1.3), для чего необходимо снять со входа СВЧ мощность.

10. ХАРАКТЕРНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ И МЕТОДЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ

10.1. Ремонт измерительного блока ваттметра может производиться только в специализированных ремонтных органах или поверочных лабораториях.

Ремонт как гарантийных, так и негарантийных преобразователей должен производиться на заводе-изготовителе.

10.2. Для доступа к узлам и элементам измерительного блока необходимо отключить его от сети и вскрыть в соответствии с указаниями, приведенными в п.4.3.1 2.720.056 ТО.

10.3. Прежде чем начать ремонт неисправного узла, необходимо проверить поступление на него входных сигналов и наличие номинальных питающих напряжений.

10.4. При проведении ремонта следует строго выполнять меры безопасности, указанные в разделе 7.

10.5. Перечень наиболее возможных неисправностей и указания по их устранению приведены в табл.6.

Таблица 6

Наименование неисправности, внешнее проявление и дополнительные признаки	Вероятная причина неисправности	Методы устранения
1. При включении ваттметра в сеть не устанавливается нуль на цифровом табло, не калибруется ваттметр	Неисправен кабель, с помощью которого присоединяется преобразователь Неисправен преобразователь	Проверить исправность соединительного кабеля, используя при этом схему электрических соединений (приложение 2). Устранить неисправность. Проверить исправность преобразователя, пользуясь при этом схемой электрической принципиальной для данного преобразователя (приложение 1). При обнаружении неисправности отправить преобразователь на завод-изготовитель для ремонта.
	Неисправен измерительный блок	Провести проверку в соответствии с ТО на измерительный блок и устранить неисправность.

II.6. Этикетка (сопроводительный документ), которая поставляется с отремонтированным преобразователем, содержит основные показатели и сведения, необходимые для дальнейшей эксплуатации изделия, поэтому при получении преобразователя из ремонта этикетку необходимо вклеить в формуляр прибора.

II.7. Сделать отметку о ремонте в формуляре и произвести поверку ваттметра согласно указаниям раздела II.2.

II. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

II.1. Осмотр внешнего состояния ваттметра производят 2 раза в год, а также совместно с другими видами контрольно-профилактических работ. Внутренний осмотр проводят по истечении гарантийного срока один раз в два года. Проверяют крепление узлов, состояние паек, контактов, качество работы переключателей, удаляют пыль и коррозию.

II.2. Порядок проведения профилактических работ:

Снять боковые стенки, верхнюю и нижнюю крышки измерительного блока в соответствии с п.4.3.1 2.720.056 ТО. Вынуть печатные платы, удалить с них пыль струей сжатого воздуха и промыть контакты спиртом ГОСТ 18300-72 с помощью кисти. Удалить пыль с других элементов и узлов измерительного блока. Поставить печатные платы на место, установить боковые стенки и крышки.

Промыть высокочастотные и низкочастотные соединители преобразователя и соединительного кабеля.

II.3. После внешнего осмотра и профилактических работ, время проведения которых было приурочено к моменту периодической проверки, ваттметр направляют на поверку.

II. УКАЗАНИЯ ПО ПОВЕРКЕ

Настоящий раздел устанавливает методы и средства поверки ваттметра поглощаемой мощностью МЗ-51 при его эксплуатации.

II.1. Операции и средства поверки

II.1.1. При проведении поверки должны выполняться операции и применяться средства поверки, указанные в табл.7.

Таблица 7

Номер пункта раздела поверки	Наименование операций, производимых при поверке	Поверяемые отметки, ГТЦ	Допускаемые значения погрешностей или предельные значения определяемых параметров	Средства поверки	
				образцовые	вспомогательные
II.2.3.1	Поверка измерительного блока ЯЭМ-66	-	-	-	-
II.2.3.2	Внешний осмотр	-	-	-	-
II.2.3.3	Проверка при соединительных размерах и несоосности преобразователей и переходов	-	-	БМИ или УИМ-21 или ДИП-1	ИЧ10 класса I, Стойка С-IV-8- -16Сх100 ГОСТ 10197-70. Наконечник 8739-5010

Продолжение табл.7

Номер пункта раздела поверки	Наименование операций, производимых при поверке	Повер- емые отметки, ГТЦ	Допускаемые значения погрешностей или предельные значения определяемых параметров	Средства поверки	
				образ- цовые	вспомо- гательные

Призма
ПІ-2-2
ГОСТ
5641-82-
2 шт.

12.3.4	Спробование Определение метрологических параметров :	-	-	-	-
12.3.5	Ксти измер- тельного пре- образователя	0,02 0,3 10 12 14 16 17,85	1,3 1,3 1,3 1,3 1,4 1,4 1,4	РК2-47, РІ-34, В8-7, Г4-III	
12.3.6	Основная по- грешность	12	$\pm [4+0,1x$ $x(\frac{P_K}{P_X} - 1)] \%$	МІ-9А с пере- ходом Г7х8/ 16х8, М3-22, РІ-19/І, В7-23	Г4-III с перехо- дом 32-109, М3-22, В8-7, переход 2.236.016-02 из пове- рочного комплекта
		17,85	$\pm [6+0,1x$ $x(\frac{P_K}{P_X} - 1)] \%$	МІ-10А с пере- ходом Пх5,5/ 16х8, В7-23, 016-03	Г4-III4 М3-22, В8-7, переход 2.236, 016-03

Продолжение табл.7

Номер пункта раздела поверки	Наименование операций, производимых при поверке	Повер- емые отметки, ГТЦ	Допускаемые значения погрешностей или предельные значения определяемых параметров	Средства поверки	
				образ- цовые	вспомо- гательные

РІ-І3А из пове-
рочного
комплекта

12.3.7	Ксти измер- тельного пре- образователя с переходами: 5.433.020-0І (Ø16х7/Ø7х3)	0,15 1 3	1,35 1,35 1,35		РК2-47 РІ-22 В8-7 Г4-80
	5.433.021-0І (Ø10х4,34/ /Ø7х3)	3 5,5 10	1,4 1,4 1,4		РІ-3 В8-7 Г4-80 Г4-8І Г4-83 В8-7 РІ-20 Г4-III с перехо- дом 32-108
	5.433.022-0І (23х10/Ø7х3)	8,24 10 12,05	1,6 1,6 1,6		РІ-29 В8-7 Г4-III с перехо- дом 32-109
	5.433.023-0І (16х8/Ø7х3)	12,05 14 16,7	1,8 1,8 1,8		
12.3.8	Погрешность ват- тметра с допол- нительными пе- реходами: 5.433.020-0І	0,15 1	$\pm [10+0,1x$	А2М-24 А2М-23	Г4-І43 Г4-76А

Номер пункта раздела поверки	Наименование операций, производимых при поверке	Поверяемые отметки, ГГц	Допускаемые значения погрешностей или предельные значения определяемых параметров	Средства поверки	
				образцовые	вспомогательные
		3	$x(\frac{P_k}{P_x} - 1) \%$	M3-22	Г4-80
5.433.021-01		3	$\pm[10+0,1x]$	Я2М-21	Г4-80
		5,5		Я2М-22	Г4-81
		10	$x(\frac{P_k}{P_x} - 1) \%$	M3-22	Г4-83
5.433.022-01		8,24	$\pm[10+0,1x]$	М1-8А	Г4-III
		10		M3-22	с переходом
		12,05	$x(\frac{P_k}{P_x} - 1) \%$		32-108
5.433.023-01		12,05	$\pm[15+0,1x]$	М1-9А	Г4-III
		14		M3-22	с переходом
		16,7	$x(\frac{P_k}{P_x} - 1) \%$		32-109

Примечания: 1. Поверку прибора по п.12.3.7 производить при выпуске из производства и после ремонта измерительных преобразователей или переходов. Поверку прибора по п.12.3.8 производить после ремонта переходов. Поверку прибора по остальным пунктам, приведенным в табл.7, производить при выпуске из производства, после ремонта, при эксплуатации и хранении.

2. Вместо указанных в таблице образцовых и вспомогательных средств поверки разрешается применять другие аналогичные измерительные приборы, обеспечивающие измерения соответствующих параметров с требуемой точностью.

3. Все средства поверки должны быть исправны, поверены и иметь свидетельства (отметки в формулярах или паспортах) о государственной или ведомственной поверке.

12.1.2. Технические характеристики образцовых и вспомогательных средств поверки представлены в табл.8.

Таблица 8

Наименование средств поверки	Основные технические характеристики средств поверки		Рекомендуемое средство поверки (тип)	Примечание
	пределы измерения	погрешность		
Калибратор СВЧ мощности	F=12-16,7 ГГц	$\pm 1,5 \%$	М1-9А	с переходом 17х8/16х8
Калибратор СВЧ мощности	F=16,7-25,86 ГГц	$\pm 1,5 \%$	М1-10А	с переходом 11х5,5/16х8
Калибратор СВЧ мощности	F=8,24-12,05 ГГц	$\pm 1,5 \%$	М1-8А	
Преобразователь падающей мощности	F=0,15-1 ГГц	$\pm 2,5 \%$	Я2М-24	
Преобразователь падающей мощности	F=1-3 ГГц	$\pm 2,5 \%$	Я2М-23	
Преобразователь падающей мощности	F=3-5,5 ГГц	$\pm 2,5 \%$	Я2М-21	
Преобразователь падающей мощности	F=5,5-10 ГГц	$\pm 2,5 \%$	Я2М-22	
Ваттметр поглощаемой мощности	F=12-6000 мкВт		M3-22	Только измерительный блок
Вольтметр универсальный цифровой	10 ⁻⁵ -10 В	0,05 %	В7-23	
Измеритель Ксги панорамный	F=0,02-1,25 ГГц Ксги=1,07-2	5Ксги	РК2-47	
Линия измерительная	F=2,5-10,35 ГГц	$\pm 10 \%$	Р1-3	
Линия измерительная	F=17,44-25,86 ГГц	$\pm 10 \%$	Р1-13А	

Продолжение табл.8

Наименование средств поверки	Основные технические характеристики средств поверки		Рекомендуемое средство поверки (тип)	Примечание
	пределы измерения	погрешность		
Линия измерительная	F=11,55-16,66 ГГц	± 10 %	PI-19/I	
Линия измерительная	F=8,24-12,05 ГГц	± 10 %	PI-20	
Линия измерительная	F=1-7,5 ГГц	± 10 %	PI-22	
Линия измерительная	F=12,05-17,44 ГГц	± 10 %	PI-29	
Линия измерительная	F=2-18 ГГц	± 10 %	PI-34	
Измеритель отношения напряжения	Чувствительность 0,7-1 мкВ	$\pm 1,5$ %	B8-7	
Генератор сигналов высокочастотный	F=0,4-1,2 Гц	Установки частоты ± 1 %	G4-76A	
Генератор сигналов высокочастотный	F=2,56-4 ГГц	Установки частоты $\pm 0,5$ %	G4-80	
Генератор сигналов высокочастотный	F=4-5,6 ГГц	Установки частоты $\pm 0,5$ %	G4-81	
Генератор сигналов высокочастотный	F=7,5-10,5 ГГц	Установки частоты $\pm 0,5$ %	G4-83	
Генератор сигналов высокочастотный	F=0,025-0,4 ГГц	Установки частоты ± 1 %	G4-143	
Генератор сигналов высокочастотный	F=6-17,85 ГГц	Установки частоты $\pm 0,5$ %	G4-III	
Генератор сигналов высокочастотный	F=16,35-25,8 ГГц	Установки частоты $\pm 0,1$ %	G4-II4	

Продолжение табл.8

Наименование средств поверки	Основные технические характеристики средств поверки		Рекомендуемое средство поверки (тип)	Примечание
	пределы измерения	погрешность		
Комплект комбинированный	-	-	4.068.846	Поставляется для поверочных органов
Большой микроскоп инструментальный	0-30 мм	$\pm 0,005$ мм	БМИ или УМ-2I или ДИП-I	
Индикатор	0-10 мм	кл. I	ИЧ10	
Стойка ГОСТ	-	-	C-IY-8-	
IQ197-70	-	-	-160x100	
Призма ГОСТ	-	-	П-2-2	2 шт.
564I-82				

12.2. Условия поверки и подготовка к ней.

12.2.1. При проведении поверки должны соблюдаться следующие нормальные условия:

- температура окружающей среды 293 ± 5 К (20 ± 5 °C);
- относительная влажность воздуха 30-80 %;
- атмосферное давление 84-106 кПа (630-795 мм рт.ст.);
- напряжение сети питания 220 ± 4 В частотой $50 \pm 0,5$ Гц и содержанием гармоник до 5 %.

12.2.2. Подготовка к поверке производится в соответствии с пп.8.1-8.8.

12.3. Проведение поверки.

Поверка производится один раз в год в соответствии с ГОСТ 8.392-80 по перечню операций, указанных в табл.7.

12.3.1. До начала поверки ваттметра производится поверка измерительного блока ИЭМ-66 на соответствие разделу II технического описания 2.720.056.

12.3.2. При проведении внешнего осмотра должны быть проверены все требования по п.6.2. Ваттметр, имеющий дефекты, бракуется и направляется в ремонт.

12.3.3. При проверке присоединительных размеров преобразователей и переходов производить контроль следующих размеров:
в преобразователях 5,28^{+0,16};
в переходах 5.433.020-01, 5.433.021-01, 5.433.022-01, 5.433.023-01 со стороны розетки 5,26^{-0,16};
в переходе 5.433.020-01 со стороны вилки 8,24^{+0,14};
в переходе 5.433.021-01 со стороны вилки 9,5^{+0,06}_{-0,10}.

Проверку указанных размеров производить с помощью индикатора ИЧ10 с наконечником 8739-5010 из комплекта комбинированного 4.068.846. Проверку присоединительных размеров фланцев волноводно-коаксиальных переходов и соосности преобразователей проводят с помощью микроскопа или других средств измерений, обеспечивающих требуемую точность.

Результаты проверки считаются удовлетворительными, если присоединительные размеры и соосность преобразователей и присоединительные размеры волноводно-коаксиальных переходов соответствуют требованиям ГОСТ 13317-80.

12.3.4. Спробование работы ваттметра производится по пп.9.1.1-9.1.5 для оценки его исправности без применения средств проверки. Неисправный ваттметр также бракуется и направляется в ремонт.

12.3.5. Определение Ксту преобразователя производится с помощью панорамного измерителя Ксту РК2-47 (рис.4) на частотах 0,02 и 0,3 ГГц и с помощью линии PI-34 (рис.5) на частотах 10-17,85 ГГц, причем испытывают оба преобразователя.

В табл.7 приведены проверяемые точки.

Результаты испытаний считаются удовлетворительными, если Ксту не превышает 1,3 в диапазоне частот до 12 ГГц и 1,4 - в диапазоне частот выше 12 ГГц.

12.3.6. Определение основной погрешности ваттметра производится косвенным методом с помощью калибратора СВЧ мощности и измерительного блока ваттметра М3-22.

Для определения основной погрешности ваттметра на частоте 12 ГГц используется структурная схема рис.6. С целью повышения точности измерений мощности во вторичном плече калибратора применяют цифровой вольтметр постоянного тока Б7-23, которым измеряют напряжение постоянного тока на рабочем термисторе преобразователя СВЧ калибратора MI-9A. Последовательность проведения измерений следующая. После подготовки приборов к измерениям в соответствии

с их инструкциями по эксплуатации и калибровки поверяемого ваттметра по калибратору, встроенному в измерительный блок Я2М-66, производят измерение напряжения на рабочем термисторе преобразователя калибратора MI-9A (U_1). Затем на вход калибратора MI-9A подается такой уровень мощности СВЧ, чтобы показание прибора М3-22 было 2-3 мВт. Одновременно измеряют напряжение на рабочем термисторе преобразователя калибратора MI-9A (U_2) и фиксируют показание испытываемого ваттметра (Рх) на соответствующем пределе измерений (режим работы РУЧ). Основную погрешность ваттметра определяют по формуле:

$$\delta = \left[1 - \frac{(U_1^2 - U_2^2) \cdot K \cdot K_2 (1 - |r'|^2)}{P_x \cdot K_{\text{зат}} \cdot R_{\text{тс}}} \right] \cdot 100, \quad (II)$$

где δ - основная погрешность, %;

$R_{\text{тс}}$ - сопротивление рабочего термистора измерительного преобразователя калибратора MI-9A в Ом, записывается из паспорта на калибратор;

$K_{\text{зат}}$ - коэффициент затухания перехода 2.236.016-02, записывается из аттестата на переход;



Рис.4. Схема электрическая структурная для измерения Ксту измерительных преобразователей на частотах 0,02 и 0,3 ГГц

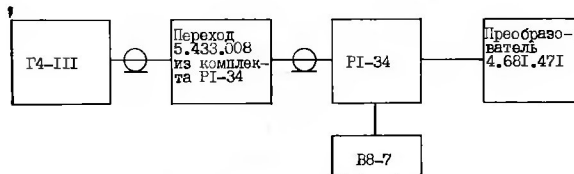


Рис.5. Схема электрическая структурная для измерения Ксту коаксиальных измерительных преобразователей в диапазоне частот 10-17,85 ГГц

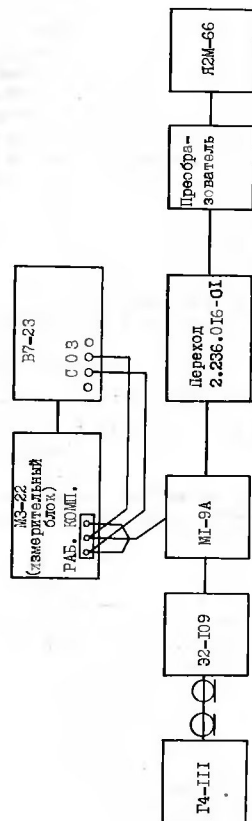


Рис. 6. Схема электрическая структурная для измерения основной погрешности ваттметра MI-51 на частоте 12 МГц

α - коэффициент передачи калибратора мощности MI-9A на частоте 12 МГц, записывается из аттестата на калибратор;
 K_a - берется из формуляра на ваттметр для частоты 12 МГц;
 Γ' пр - коэффициент отражения преобразователя поверяемого ваттметра с переходом 2.236.016-02, (из поверочного комплекта 4.068.846), определяемый по формуле (8).

Γ' пр определяется через измеренное значение $K_{ст}$ по методике п.12.3.5 с использованием измерительной линии PI-19/I и переходов - волноводно-коаксиального 5.433.023-01 из комплекта ваттметра MI-51 и волноводного 17х8/16х8 из комплекта линии PI-19/I.

Измерения проводят не менее 3 раз и за результат принимают среднее арифметическое из трех значений, вычисленных по формуле (II).

Определение основной погрешности ваттметра на частоте 17,85 МГц производят, пользуясь схемой, аналогичной рис.6 с тем отличием, что вместо калибратора MI-9A и генератора G4-III используется калибратор мощности MI-10A и генератор G4-114 соответственно. Переход 32-109 при этом не используется. Кроме того, преобразователь подключается к калибратору мощности MI-10A через переход 2.236.016-03 (из поверочного комплекта 4.068.846).

Процесс измерения и определения основной погрешности такой же, как и на частоте 12 МГц. При этом в формулу (II) подставляют численные значения величин $R_{ст}$, α , Γ' пр, соответствующие калибратору мощности MI-10A и преобразователю с переходом 2.236.016-03 на частоте 17,85 МГц. $K_{ст}$ преобразователя с переходом измеряется по схеме, аналогичной рис.5, используя при этом измерительную линию PI-13A и генератор G4-114. K_a берется из формуляра на ваттметр для частоты 17,85 МГц. $K_{зат}$ записывается из аттестата на переход 2.236.016-03. Поверка производится с обоими преобразователями.

Результат поверки ваттметра считается удовлетворительным, если измеренное значение основной погрешности не превышает норм, приведенных в табл.7.

12.3.7. Определение $K_{ст}$ измерительного преобразователя с переходом 5.433.020-01 на частотах 0,15 и 1 МГц производится по структурной схеме рис.4, в которой к измерителю PK2-47 присоединяется преобразователь с переходом. Определение $K_{ст}$ преобразователя с переходами на частотах 3; 5,5; 8,24; 10; 12,05; 14; 16,7 МГц

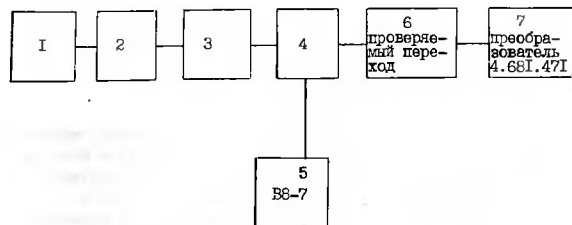


Рис.7. Схема электрическая структурная для проверки Ксти измерительного преобразователя с переходами в диапазоне частот 3-16,7 ГГц

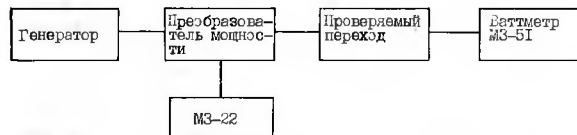


Рис.8. Схема электрическая структурная проверки погрешности ваттметра с переходами

производится по структурной схеме рис.7.

Типы приборов 1, 2, 3, 4, 6 на схеме рис.7 в зависимости от проверяемого перехода и частоты указаны в табл.9.

Таблица 9

Проверяемый переход	Частота, ГГц	Позиции по схеме рис.7			
		1 - генератор	2 - переход	3 - переход	4 - линия измерительная
5.433.020-01	3	Г4-80	32-13 из комплекта Г4-80	32-7/1 из комплекта Р1-22	Р1-22
5.433.021-01	3	Г4-80	отсутств.	отсутств.	Р1-3

Проверяемый переход	Частота, ГГц	Позиции по схеме рис.7			
		1 - генератор	2 - переход	3 - переход	4 - линия измерительная
5.433.022-01	5,5	Г4-81	отсутств.	отсутств.	Р1-3
	10	Г4-83	отсутств.	отсутств.	Р1-3
	8,24; 10; 12,05	Г4-III	32-108 из комплекта Г4-III	отсутств.	Р1-20
5.433.023-01	12,05; 14; 16,7	Г4-III	32-109 из комплекта Г4-III	отсутств.	Р1-19

Результаты проверки считаются удовлетворительными, если величина Ксти преобразователя с переходами не превышает значений, приведенных в табл.7.

12.3.8. Проверка погрешности ваттметра с дополнительными переходами производится по структурной схеме рис.8.

Тип генератора, преобразователя (калибратора) мощности для конкретного перехода и частоты указаны в табл.10.

Таблица 10

Проверяемый переход	Частота проверки, ГГц	Генератор	Преобразователь (калибратор) мощности
5.433.020-01	0,15	Г4-143	Я2М-24
	1	Г4-76А	Я2М-24
	3	Г4-80	Я2М-23
5.433.021-01	3	Г4-80	Я2М-21
	5,5	Г4-81	Я2М-21
	10	Г4-83	Я2М-22
5.433.022-01	8,24	Г4-III	М1-8А
	10	с переходом	
	12,05	32-108	
5.433.023-01	12,05	Г4-III	М1-9А с его волновым переходом
	14	с переходом	
	16,7	32-109	Г7х8/16х8 на выходе

Последовательность проведения измерений следующая. Производят подготовку приборов к измерениям в соответствии с их инструкциями по эксплуатации. Калибруют проверяемый ваттметр по калибратору, встроенному в измерительный блок ИМ-66. Затем на вход преобразователя (калибратора) мощности подается такой уровень мощности СВЧ, чтобы показание прибора МЗ-22 было в пределах 2-3 мВт (Р₀). Фиксируют показание испытуемого ваттметра (Р_х) на соответствующем пределе измерений (режим работы РVЧ). Погрешность ваттметра с переходами определяется по формуле:

$$\delta = 1 - \frac{P_0 \cdot K' \cdot a (1 - |r'|^2)}{K_{\text{ват}} \cdot P_x} \cdot 100 \% \quad (12)$$

где Р₀ - показание МЗ-22 мВт;

а - коэффициент передачи калибратора (преобразователя) мощности из аттестата на калибратор;

К'а - коэффициент эффективности измерительного преобразователя с переходами, вычисляется по формуле (8а);

|r'| - модуль коэффициента отражения преобразователя с проверяемым переходом (и с переходом I7х8/I6х8 при проверке ваттметра с переходом 5.433.023-01);

K_{ват} - коэффициент заужения перехода I7х8/I6х8 равный 1,005 (при проверке ваттметра с переходами 5.433.020-01, 5.433.021-01, 5.433.022-01 K_{ват}=1);

Р_х - показание ваттметра МЗ-51 в мВт.

Измерения проводят не менее 3 раз и за результат принимают среднее арифметическое из трех значений, вычисленных по формуле (12).

Результаты проверки ваттметра с переходами считаются удовлетворительными, если измеренное значение основной погрешности не превышает норм, приведенных в табл. 7.

12.4. Оформление результатов проверки.

12.4.1. При государственной поверке положительные результаты оформляются в виде свидетельств о государственной поверке по форме, установленной Госстандартом СССР, или записываются в раздел формуляра "Периодическая поверка основных нормативно-технических характеристик" и заверяются поверителем с нанесением оттиска поверительного клейма.

12.4.2. При ведомственной поверке положительные результаты записываются в рабочий протокол поверки и заверяются в порядке, установленном органом ведомственной метрологической службы. Формы протоколов приведены в приложении 4.

12.4.3. Запрещается выпуск в обращение и применение ваттметров, прошедших поверку с отрицательными результатами.

13. ПРАВИЛА ХРАНЕНИЯ

13.1. При хранении ваттметры могут находиться в упакованном виде и содержаться в отапливаемых помещениях до 10 лет при температуре окружающего воздуха от 278 до 313 К (от 5 до 40 °С), относительная влажность воздуха до 80 % при температуре 298 К (25 °С) или в неотапливаемых помещениях до 5 лет при температуре окружающего воздуха от 223 до 313 К (от минус 50 до плюс 40 °С), относительная влажность до 98 % при температуре 298 К (25 °С).

13.2. В помещениях для хранения не должно быть пыли, паров кислот и щелочей, вызывающих коррозию.

14. ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ

14.1. Тара, упаковка и маркирование упаковки

14.1.1. При транспортировании используются отдельные укладочные ящики для блока измерительного и комплекта измерительного преобразователя. Укладочные ящики, обнуленные водонепроницаемой бумагой и обвязанные шпагатом, помещают в один транспортный ящик, который изнутри выстлан водонепроницаемой бумагой.

Для приборов, поставляемых на экспорт, укладочные ящики помещают в полиэтиленовые чехлы.

Пространство между стенками укладочных и транспортного ящиков заполняют до уплотнения прокладками из гофрированного картона.

Крышки транспортных ящиков прибивают гвоздями и стягивают ящики по торцам стальной лентой или проволокой и пломбируют.

Маркирование ящиков для транспортирования производится в соответствии с ГОСТ 14192-77.

14.1.2. Эксплуатационная документация на ваттметр размещена в укладочном ящике измерительного блока. Товаросопроводительная документация размещена на верхнем слое прокладочного материала под водонепроницаемой обшивкой верхней крышки транспортного ящика.

14.2. Условия транспортирования

14.2.1. Допускается транспортирование ваттметра в транспортной таре всеми видами транспорта при температуре окружающего воздуха от минус 50 до плюс 65 °С.

При транспортировании воздушным транспортом приборы в упаковке должны размещаться в герметизированных отсеках.

14.2.2. При транспортировании должна быть предусмотрена защита от попадания атмосферных осадков и пыли. Не допускается кантование ваттметра.

14.2.3. Перед транспортированием ваттметров вторичная упаковка производится в соответствии с п.14.1.

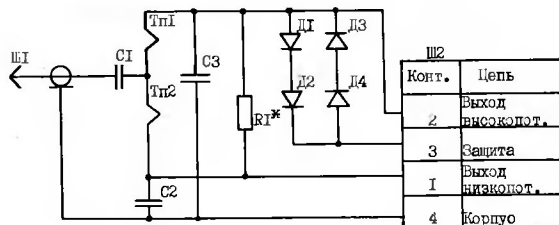
ПРИЛОЖЕНИЯ

ПЕРЕЧЕНЬ ПРИЛОЖЕНИЙ

1. Схема электрическая принципиальная преобразователя измерительного термоэлектрического 4.68I.47I 41
2. Схема электрическая осединений ваттметра МЗ-5I 42
3. Основные элементы термоэлектрического преобразователя 4.68I.47I 43
4. Протоколы поверки метрологических параметров 44

Приложение I

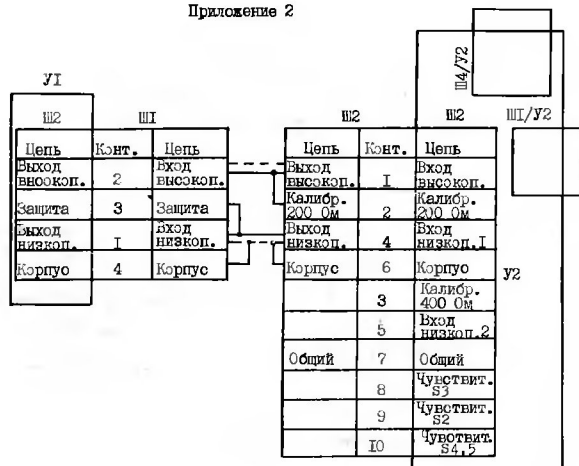
Схема электрическая принципиальная преобразователя измерительного термоэлектрического 4.68I.47I.



* Подбираются при регулировании

Пов. обознач.	Наименование	Кол.	Примечание
R1*	Резистор ОМЛТ-0,125-3,9 кОм ±5 %	I	3,0-47 кОм
C1	Пластина 7.727.000	I	
C2, C3	Пластина 7.727.00I	2	
TnI, Tn2	Термопара 7.107.18I	2	
D1...D4	Диск 2Д522Б 3.362.029-0I TV	4	
Ш1	Вилка	I	Входит в 4.68I.47I
Ш2	Вилка РСТВ4 0,364.047 TV	I	

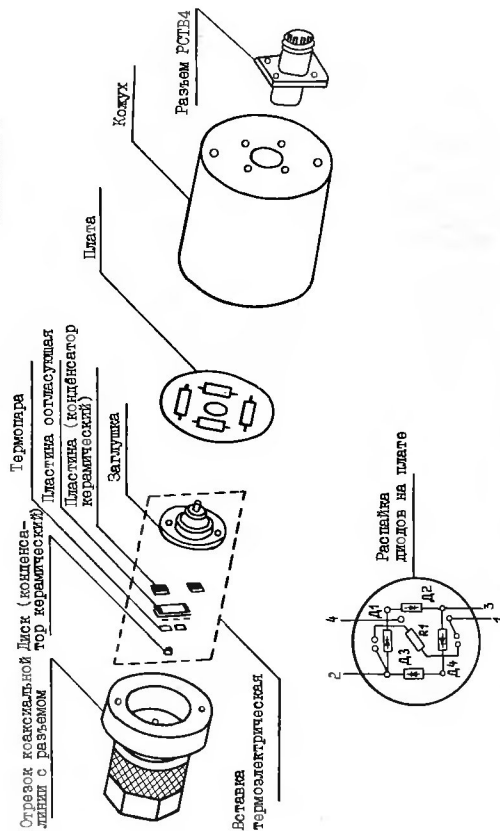
Приложение 2



Позиц. обозначен.	Наименование	Кол.	Примечание
У1	Преобразователь измерительный термоэлектрический 4.68I.47I	I	
У2	Блок ваттметра измерительный ЯЭМ-66	I	
Ш1	Розетка РСТВ4 с кожухом	I	
Ш2	Розетка РСТВ10 с кожухом	I	

Схема электрическая соединений ваттметра МЗ-5I

ПРИЛОЖЕНИЕ 3



Основные элементы термоэлектрического преобразователя 4.68I.47I

Приложение 4

ПРОТОКОЛЫ ПОВЕРКИ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОТОКОЛ №1

Определение коэффициента стоячей волны измерительных преобразователей (КСВ).

Технические данные: п.2.8 (1.401.034 ТО).

Методика поверки: п.12.3.5 (1.401.034 ТО).

Результаты измерений:

Поверяемые точки, ГГц	0,02	0,3	10	12	14	16	17,85
КСВ преобразователя № _____							
- нормируемое значение	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4
- измеренное значение							
КСВ преобразователя № _____							
- нормируемое значение	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4
- измеренное значение							

Коэффициент стоячей волны не превышает _____
в диапазоне частот от 0,02 до 12 ГГц и _____
в диапазоне частот выше 12 ГГц.

Измерения проводили:

ПРОТОКОЛ №2

Определение основной погрешности ваттметра.

Технические данные: п.2.1 (1.401.034 ТО).

Методика поверки: п.12.3.6 (1.401.034 ТО).

Результаты поверки:

Наименование параметра	Поверяемые точки	
	12	17,85
Основная погрешность, % с преобразователем № _____	$\pm [4+0,1x]$	$\pm [6+0,1x]$
нормируемое значение (п.2.1)	$x(\frac{P_K}{P_X} - 1)$	$x(\frac{P_K}{P_X} - 1)$
измеренное значение		
Основная погрешность, % с преобразователем № _____	$\pm [4+0,1x]$	$\pm [6+0,1x]$
нормируемое значение (п.2.1)	$x(\frac{P_K}{P_X} - 1)$	$x(\frac{P_K}{P_X} - 1)$
измеренное значение		

Основная погрешность находится в пределах технических данных.

Измерения проводили:

ПРОТОКОЛ №3

Определение коэффициента стоячей волны измерительных преобразователей с переходами.

Технические данные: п.2.9 (I.40I.034 TO).

Методика поверки: п.12.3.7 (I.40I.034 TO).

Результаты измерений.

Проверяемый переход	Поверяемые точки, ГГц								
	0,15	1	3	5,5	8,24	10	12,05	14	16,7
Переход 5.433.020-01									
Преобразователь № _____									
Нормируемое значение	1,35	1,35	1,35	-	-	-	-	-	-
Измеренное значение				-	-	-	-	-	-
Преобразователь № _____									
Измеренное значение				-	-	-	-	-	-
Переход 5.433.021-01									
Преобразователь № _____									
Нормируемое значение	-	-	1,4	1,4	-	1,4	-	-	-
Измеренное значение	-	-			-		-	-	-
Преобразователь № _____									
Измеренное значение	-	-			-		-	-	-

Продолжение таблицы

Проверяемый переход	Поверяемые точки, ГГц								
	0,15	1	3	5,5	8,24	10	12,05	14	16,7
Переход 5.433.022-01									
Преобразователь № _____									
Нормируемое значение	-	-	-	-	1,6	1,6	1,6	-	-
Измеренное значение	-	-	-	-				-	-
Преобразователь № _____									
Измеренное значение	-	-	-	-				-	-
Переход 5.433.023-01									
Преобразователь № _____									
Нормируемое значение	-	-	-	-	-	-	1,8	1,8	1,8
Измеренное значение	-	-	-	-	-	-			
Преобразователь № _____									
Измеренное значение	-	-	-	-	-	-			

Коэффициент стоячей волны измерительного преобразователя не превышает значений:

- с переходом 5.433.020-01 _____
- с переходом 5.433.021-01 _____
- с переходом 5.433.022-01 _____
- с переходом 5.433.023-01 _____

Измерения проводили:

ПРОТОКОЛ №4

Определение погрешности ваттметра с переходами.

Технические данные: п.2.2 (I.40I, C34 TO).

Методика поверки: п.12.3.8 (I.40I, C34 TO).

Результаты поверки:

Проверяемый переход	Поверяемые точки, ГГц								
	0,15	1	3	5,5	8,24	10	12,05	14	16,7
Переход 5.433,020-01	$\pm [5+0, I_x]$								
Нормируемое значение (п.2.2)									
Преобразователь № _____									
Измеренное значение				-	-	-	-	-	-
Преобразователь № _____									
Измеренное значение				-	-	-	-	-	-
Переход 5.433,021-01	$\pm [5+0, I_x]$								
Нормируемое значение (п.2.2)									
Преобразователь № _____									
Измеренное значение	-	-							
Преобразователь № _____									
Измеренное значение	-	-							
Переход 5.433,022-01	$\pm [10+0, I_x]$								
Нормируемое значение (п.2.2)									
Преобразователь № _____									
Измеренное значение	-	-	-	-					
Преобразователь № _____									
Измеренное значение	-	-	-	-					

Продолжение таблицы

Проверяемый переход	Поверяемые точки, ГГц								
	0,15	1	3	5,5	8,24	10	12,05	14	16,7
Преобразователь № _____									
Измеренное значение	-	-	-	-				-	-
Преобразователь № _____									
Измеренное значение	-	-	-	-				-	-
Переход 5.433,023-01	$\pm [15+0, I_x]$								
Нормируемое значение (п.2.2)									
Преобразователь № _____									
Измеренное значение	-	-	-	-	-	-			
Преобразователь № _____									
Измеренное значение	-	-	-	-	-	-			

Погрешность ваттметра с переходами находится в пределах технических данных.

Измерения проводили:

Стр.	Строка	Напечатано	Следует читать
32	Рис.6	2.236.016-01	2.236.016-02
В ящике укладки печки для прессования лей наливки на пенопластовом укладке		5.433.020	5.433.020-01
		5.433.021	5.433.021-01
		5.433.022	5.433.022-01
		5.433.023	5.433.023-01