УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор
ООО «ЭКО-ТЕСТ ХОЛДИНГ»

Я.А. Переверзин

« 1 » июля 2026

ВАТТМЕТР ПОГЛОЩАЕМОЙ МОЩНОСТИ СВЧ

ВПМ

Руководство по эксплуатации

26.51.4-77077799091-2026 РЭ

Москва, 2026

DU LAB

Содержание

Введение **3**

Раздел 1. Описание и работа: **5**

1.1 Назначение 5

1.2 Технические характеристики 7

1.3 Устройство и принцип работы 10

1.4 Состав, маркировка и пломбирование прибора 11

Раздел 2. Использование по назначению **12**

2.1 Эксплуатационные ограничения и подготовка к работе 12

2.2 Программное обеспечение. 14

2.3 Порядок установки, подключения и включения 17

2.4 Порядок оценки точности измерений 23

Раздел 3. Дистанционное управление **26**

Раздел 4. Техническое обслуживание **32**

Раздел 5. Сведения об утилизации. **37**

..... **37**

Введение

Настоящее руководство по эксплуатации предназначено для изучения устройства, принципа действия, технических характеристик, правил эксплуатации, технического обслуживания и хранения ваттметра поглощаемой мощности СВЧ ВПМ (далее – ваттметрВПМ).

Руководство по эксплуатации является основным эксплуатационным документом для персонала, осуществляющего работу с ваттметром ВПМ и обеспечивает правильное и безопасное использование ваттметра ВПМ на всех этапах его жизненного цикла.

Руководство по эксплуатации ваттметраВПМ:

предоставляет полные и систематизированные сведения о конструкции, принципах работы, технических характеристиках и возможностях ваттметра ВПМ, необходимые для его грамотного применения;

служит основой для подготовки и повышения квалификации персонала, позволяя инженеру освоить навыки работы с ваттметром без привлечения сторонних специалистов;

устанавливает чёткий порядок действий при подготовке к работе, проведении измерений, техническом обслуживании и хранении, что исключает субъективные ошибки и нештатные ситуации;

содержит сведения о методах измерений, контроле точности, порядке поверки и калибровки, обеспечивая единство и достоверность измерительной информации;

содержит сведения о работе, исключая потенциальные опасности при работе с СВЧ-излучением и электрическими цепями, содержит требования по технике безопасности и охране труда;

определяет условия транспортирования, хранения и консервации, что позволяет сохранить работоспособность прибора в течение всего назначенного срока службы.

Изучение руководства по эксплуатации является обязательным условием для ввода прибора в эксплуатацию. Только при условии неукоснительного соблюдения всех требований, изложенных в настоящем документе, гарантируются корректность измерений, долговечность прибора и безопасность обслуживающего персонала.

Раздел 1. Описание и работа:

1.1 Назначение

Назначение средства измерений:

- измерения мощности немодулированных (непрерывных) синусоидальных СВЧ колебаний;

- измерения средней мощности импульсно-фазомодулированных.

Область применения средства измерений:

Основные области применения ваттметра ВПМ:

- производство и тестирование СВЧ-оборудования — контроль выходной мощности передатчиков, усилителей, генераторов на всех этапах выпуска продукции;

- настройка и градуировка — юстировка параметров СВЧ-трактов, проверка характеристик аппаратуры связи и антенно-фидерных устройств;

- техническое обслуживание и ремонт — диагностика неисправностей СВЧ-узлов, проверка работоспособности оборудования при регламентных работах;

- научные исследования и разработки — измерение характеристик опытных образцов в области радиотехники, электроники и физики СВЧ;

- метрологическое обеспечение — поверка и калибровка средств измерений СВЧ-диапазона, аттестация измерительных стендов;

- телекоммуникации — контроль уровней сигналов в системах спутниковой, радиорелейной, телевизионной и сотовой связи;

- объекты обороны и безопасности — контроль параметров, настройка и ремонт СВЧ-аппаратуры специального назначения.

Также ваттметр ВПМ применяется при настройке, ремонте и разработке

радиоэлектронной аппаратуры. Благодаря своей функциональности, ваттметры СВЧ ВПМ применяются на следующих этапах жизненного цикла радиоэлектронной аппаратуры:

Разработка и производство:

- Контроль выходной мощности генераторов и усилителей СВЧ на этапе их разработки и настройки.
- Измерение потерь в различных четырехполюсниках (фильтрах, аттенюаторах, соединительных кабелях) и определение их частотных характеристик.
- Настройка и ремонт СВЧ-аппаратуры.

Испытания и контроль:

- Измерения мощности СВЧ сигналов или параметров СВЧ устройств при испытаниях.
- Входной контроль параметров закупаемой продукции.
- Выходной контроль параметров выпускаемой продукции.

Эксплуатация и ремонт

- Измерения мощности СВЧ сигналов или параметров СВЧ устройств при эксплуатации и ремонте.

Специальные и научные исследования:

- Измерения интенсивности СВЧ-излучения для оценки его воздействия на биологические объекты.
- Оценка параметров излучения в системах с программным управлением для автоматического контроля уровня выходной мощности.

1.2 Технические характеристики

Метрологические характеристики ваттметров приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические характеристики

<table>
<tr><th colspan="4">Наименование характеристики</th><th>Значение</th></tr>
<tr><td colspan="4">1</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="4">Нижняя граница диапазона частот, МГц</td><td>50</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Верхняя граница диапазона частот, МГц</td><td colspan="3">ВПМ-3М</td><td>3000</td></tr>
<tr><td colspan="3">ВПМ-6М, ВПМ-6</td><td>6000</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Нижняя граница измерений Pmin в диапазонах частот, не более, мВт</td><td rowspan="2">ВПМ-3М</td><td>от 0,05 до 2,50 ГГц включ.
свыше 2,5 до 3,0 ГГц включ.</td><td>0,001
0,01</td></tr>
<tr><td rowspan="2">ВПМ-6М, ВПМ-6</td><td>от 0,05 до 2,50 ГГц включ.
свыше 2,5 до 6,0 ГГц включ.</td><td>0,001
0,01</td></tr>
<tr><td colspan="4">Верхняя граница измерений Pmax, не менее, мВт</td><td>100</td></tr>
<tr><td colspan="4">Пределы допускаемой основной относительной погрешности[1] δP измерений мощности P, мВт, непрерывных гармонических колебаний, не более, %</td><td>±(5+3·Pmin/P)</td></tr>
<tr><td colspan="4">Пределы допускаемой основной относительной погрешности[1] δP_M измерений средней мощности модулированных [2] колебаний P_M, мВт, для модификаций ВПМ-3М, ВПМ-6М, не более, %</td><td>±(5+6·Pmin/P)</td></tr>
<tr><td colspan="3" rowspan="3">Диапазон значений коэффициента А масштабного преобразователя, дБ</td><td>опция 10</td><td>от 9 до 11</td></tr>
<tr><td>опция 20</td><td>от 19 до 21</td></tr>
<tr><td>опция 30</td><td>от 27,5 до 32,5</td></tr>
<tr><td colspan="4">Пределы допускаемой абсолютной погрешности ΔA коэффициента А масштабного преобразователя, дБ</td><td>± 0,08</td></tr>
<tr><td colspan="3" rowspan="3">Верхняя граница диапазона измерений с опциями, Вт</td><td>опция 10</td><td>1</td></tr>
<tr><td>опция 20</td><td>10</td></tr>
<tr><td>опция 30</td><td>100</td></tr>
<tr><td colspan="4">Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерений мощности P_A[1] с опцией 10 или 20 или 30, %
- непрерывных гармонических колебаний
- средней мощности модулированных[2] колебаний для модификаций ВПМ-3М, ВПМ-6М</td><td>± (δP + 2)
± (δP_M + 2)</td></tr>
<tr><td colspan="4">Модуль коэффициента отражения входа, не более</td><td>0,07</td></tr>
</table>

Продолжение таблицы 1

1			2
Модуль коэффициента отражения входа с опцией 10/20/30, не более			0,15
Пределы допускаемой дополнительной относительной погрешности измерений мощности, не более, %/10 °С	ВПМ-3М	от 0,05 до 2,50 ГГц включ. свыше 2,5 до 3,0 ГГц включ.	± 5 ± 10
	ВПМ-6М, ВПМ-6	от 0,05 до 4,00 ГГц включ. свыше 4 до 6 ГГц включ.	± 5 ± 10
1) Без учета погрешности рассогласования. 2) Среднеквадратичная мощность (TRUE RMS) сигналов стандартов GSM, CDMA, LTE, DVB-T2, WiMAX с квадратурной модуляцией поднесущих FM, QPSK, QAM и шириной полосы до 70 МГц и пик-фактором (PAPR) до 12 дБ.			

Технические характеристики ваттметров приведены в таблице 2.

Таблица 2– Технические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Напряжение питания постоянного тока, В	+5
Время прогрева, мин	20
Тип соединителя СВЧ входа	N «вилка»
Тип соединителя цифрового входа и питания	USB C «вилка»
Габаритные размеры (длина×ширина×высота), мм, не более	200×60×60
Масса, кг, не более	0,5
Нормальные условия эксплуатации: - температура окружающей среды, °С - относительная влажность, %	 от +15 до +25 от 30 до 80
Рабочие условия эксплуатации: - температура окружающей среды, °С - относительная влажность, %	 от +5 до +40 от 30 до 80

1.3 Устройство и принцип работы

В основу работы ваттметра положен принцип преобразования СВЧ мощности в сигнал постоянного тока, который преобразуется встроенным аналого-цифровым преобразователем в цифровой код, обрабатывается в микроконтроллере и передается на дисплей внешнего управляющего устройства.

В ваттметре использован принцип нелинейности вольтамперной характеристики полупроводникового элемента (детектора).

Конструктивно ваттметр выполнен в портативном моноблочном исполнении с питанием и управлением от внешней ПВЭМ.

Внешние опции 10, 20, 30 представляют собой аттенюаторы (масштабные преобразователи), которые обеспечивают увеличение верхней границы измерений.

1.4 Состав, маркировка и пломбирование прибора.

Комплектность ваттметров ВПМ приведена в таблице 3.

Таблица 3 – Комплектность средства измерений

Наименование	Обозначение	Количество
Ваттметр поглощаемой мощности СВЧ ВПМ	ВПМ-3М или ВПМ-6М или ВПМ-6	1 шт.
Опция внешнего аттенюатора	10 и/или 20 и/или 30	1 шт.*
Блок индикаторный	-	1 шт.*
Кабель USB	-	1 шт.
Программное обеспечение	DUOLAB PM	1 шт.
Руководство по эксплуатации	РЭ 26.51.4-77077799091-2026	1 шт.
Формуляр	ФО 26.51.4-77077799091-2026	1 шт.
* По отдельному заказу		

Конструкция ваттметра обеспечивает ограничение доступа к определённым частям приборов и ПО. Приборы опломбированы в местах крепления винтов защитной пломбой изготовителя, которая не позволяет получить доступ к внутренним частям прибора.

У пользователя отсутствует доступ через интерфейсы пользователя или дистанционного управления к сервисным функциям прибора, который может привести к искажению результатов измерения.

На передней панели каждого ваттметра нанесены методом наклейки серийный номер в формате семизначного цифрового обозначения, состоящего из арабских цифр, идентифицирующий каждый экземпляр СИ.

На передней панели ваттметров нанесен знак утверждения типа средства измерений методом наклейки.

Место для нанесения знака поверки не предусмотрено конструкцией.

Раздел 2. Использование по назначению

2.1 Эксплуатационные ограничения и подготовка к работе

Перед началом работы с ваттметром СВЧ необходимо ознакомиться с эксплуатационными ограничениями, несоблюдение которых может привести к выходу прибора из строя или получению травмы персоналом.

Наиболее критичным ограничением является предельно допустимый уровень входной мощности. Превышение этого уровня приводит к необратимому повреждению чувствительных элементов СВЧ-модуля. Предельная входная мощность не должна превышать значений, приведенных в таблице 1.

Питание должно осуществляться от USB порта внешнего ПЭВМ. Увеличение напряжения питания до 6 В приводит к выходу прибора из строя.

Существенное влияние на точность измерений и работоспособность прибора оказывают условия окружающей среды. Нормальные и рабочие условия эксплуатации приведены в таблиице 2. При использовании прибора на сквозняке или при подключении к горячим или холодным СВЧ разъемам в процессе измерений могут возникать дополнительные погрешности, а экстремально высокие или низкие температуры могут повредить внутреннюю электронику.

Ваттметры СВЧ чрезвычайно чувствительны к электростатическому разряду. Электростатический разряд на центральный контакт разъема приводит к выходу прибора из строя. Даже незаметные для человека разряды могут необратимо повредить прибор. Поэтому работа с прибором должна выполняться в условиях антистатической защиты.

Подготовка ваттметра СВЧ к работе включает несколько последовательных этапов:

На первом этапе производится размещение прибора. При внешнем осмотре убедиться в отсутствия механических повреждений Прибор должен устанавливаться в удобном для работы положении на устойчивой поверхности.

Перед включением необходимо убедиться, что используемое оборудование подключено к шине заземления. Устройства, к которым подключается ваттметр должны быть надежно заземлены в соответствии с эксплуатационной документацией.

После проверки заземления производится подключение к ПЭВМ и прогрев прибора. При соединении USB выхода ваттметра с USB входом ПЭВМ питание автоматически подается на ваттметр. С помошью стандартных средств Windows определите номер COM порта, который присвоен операционной системой прибору.

Для обеспечения метрологических характеристик требуется предварительный прогрев, длительность которого составляет 20 минут.

Во время прогрева прибора установить программное обеспечение с USB-диска из комплекта ваттметра на ПЭВМ и запустить его.

К работе с ваттметром СВЧ допускаются лица, имеющие среднетехническое или высшее образование, аттестованные в области радиотехнических измерений, имеющие квалификационную группу электробезопасности не ниже третей и ознакомившиеся с руководством по эксплуатации. Генератор является источником опасного для здоровья СВЧ-излучения, поэтому при работе необходимо соблюдать правила безопасности: при кратковременных перерывах в работе переключатель режимов устанавливать в положение, соответствующее срыву генерации; соответствующие ручки

регулировки должны находиться в положении минимальной мощности; неиспользуемые выходы должны быть закрыты заглушками.

2.2 Программное обеспечение.

Внешний вид окна программного обеспечения приведен на рисунке 1.

Рисунок 1 - Внешний вид окна программного обеспечения ваттметра ВПМ

Окно программы функционально поделено на:

– Верхнее меню – меню подключения;
– Окно отображения частоты и результатов измерений мощности;
– График - отображение последовательных во времени отсчетов;
– Нижнее меню – меню настроек измерений;

– Окно вывода результатов измерений в виде таблицы или настроек.

Верхнее меню:

COM порт ваттметра – позволяет выбрать из списка устройст, определенных Windows, нужный номер (смотри п. 2.1).

Если нужный порт не отображается в списке, необходимо обновить перечень подключенных устройст, нажав кнопку «Обновить порт».

Кнопки «Старт» и «Стоп» запускают или останавливают измерения.

Кнопка «Сохранить данные» позволяет сохранить результаты измерений.

Кнопка «Очистить график» очищает график для отображения только последующих результатов измерений.

Нижнее меню:

Частота. Меню установки частот позволяет вводить нужную частоту с учетом выбранной размерности Гц, кГц, МГц, ГГц. Для подтверждения ввода необходимо нажать кнопку «ОК». При вводе дробных значений, допускается ввод с разделением дробь как символом «точка», так и символом «запятая».

Единица мощности. В качестве единицы измеряемой мощности возможен выбор пВт, нВт, мкВт, мВт, Вт или дБм (официально дБ (1 мВт)).

Разрешение. Меню позволяет выбрать количество значащих цифр после запятой: три - 0,001, две – 0,01 или одна – 0,01.

Усреднение. Меню позволяет ввести количество последовательно усредняемых измерений или выбрать автоматическое количество усреднений. Автоматическое количество усреднений изменяется от уровня измеряемой мощности

от 256 (для малых значений, близких к уровню шума) до 8 усреднений (при уровнях больших 1 мВт).

Смещение. Меню позволяет учесть оснастку в виде делителя, аттенюатора или усилителя, коэффициент передачи которых выражен в дБ.

Фильтр. Фильтрация показаний позволяет исключить случайные отсчеты, выбивающиеся из ряда измерений.

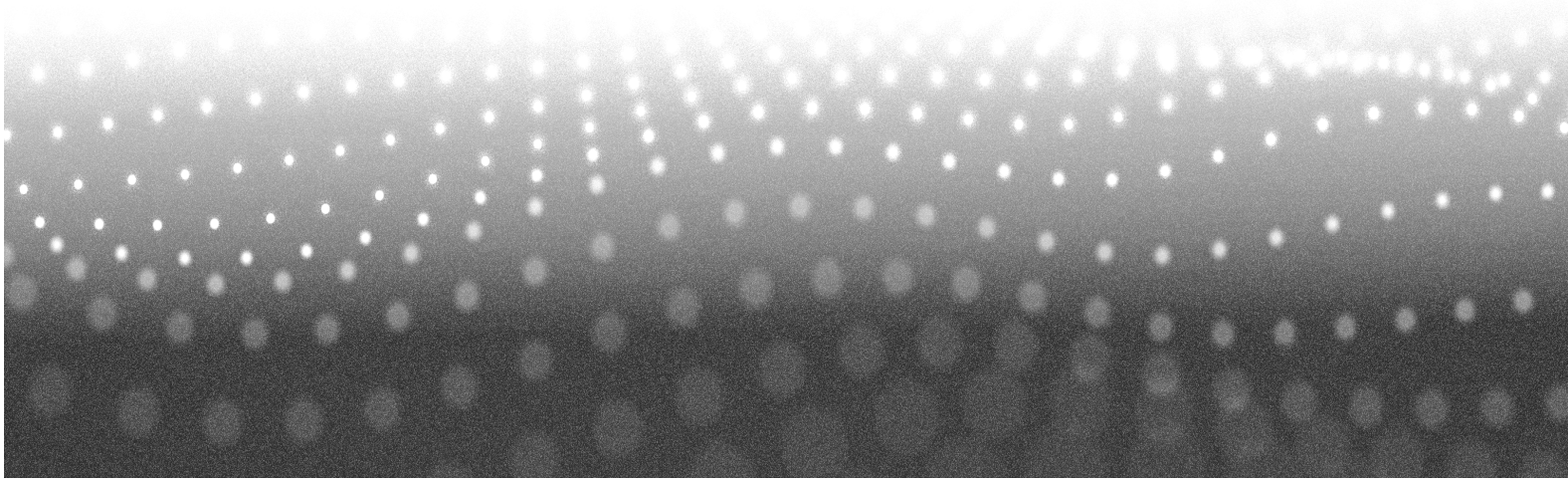
Кнопка «Ноль». Нажатие кнопки запускает процедуру отсчета показаний для определения среднего значения уровня шума на выходе АЦП ваттметра и принятие его за опорное значение. Установка нуля рекомендуется при каждом включении ваттметра, при изменении температуры за время измерений, перед измерением сигналов с малым (менее 10 мкВт) уровнем мощности. Перед установкой нуля необходимо отключить мощность на входе ваттметра.

Кнопка «Опорный уровень». Нажатие кнопки переводит ваттметр в режим относительных измерений – отношения измеряемой мощности к мощности, выбранной за опорный уровень. Результы измерений отображаются в дБ.

Кнопка «Сброс». Нажатие кнопки сбрасывает настройки измерений к первоначальным значениям.

Кнопка «Сброс фильтра». Нажатие кнопки сбрасывает настройки фильтра измерений к первоначальным значениям.

Кнопка «Показать состояние». Нажатие кнопки выводит в меню вывода результатов настройки измерений для сохранения в протоколе.



2.3 Порядок установки, подключения и включения

2.3.1 Установка программного обеспечения.

При первом подключении ваттметра ВПМ к ПЭВМ необходимо установить программное обеспечение DUOLAB PM, версия не ниже 2.6.1.

Дистрибутив для установки доступен для скачивания на официальной странице производителя:

https://emftest.ru/

После скачивания архива, его необходимо распаковать и запустить файл установки программного обеспечения DUOLAB PM: «DUOLAB PO Setup v2.2.9.exe», где запись v2.2.9 обозначает последнюю версию программного обеспечения.

В появившемся окне, показанном на рисунке 2 подтвердите установку, нажав кнопку «Install».

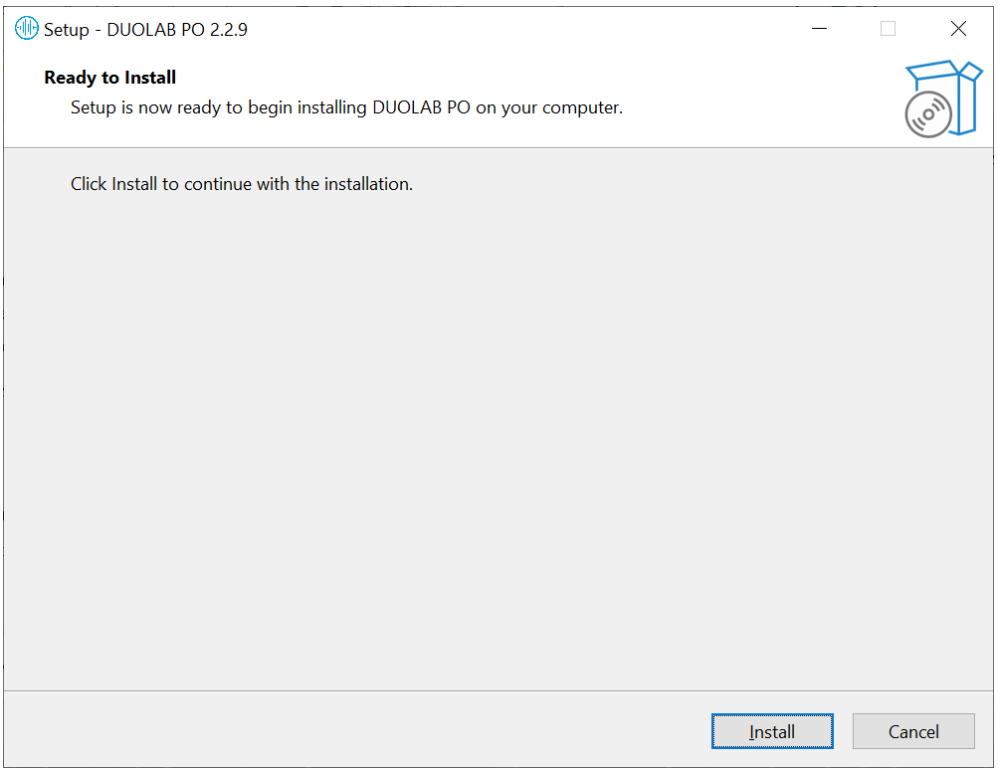


Рисунок 2 – Окно программы – установщика ПО DUOLAB PM

Программное обеспечение DUOLAB PM автоматически установится.

2.3.2 Запуск ПО DUOLAB PM

Запуск ПО DUOLAB PM осуществляется двойным щелчком по ярлыку ПО на рабочем столе или в меню «Пуск-Все программы-DUOlab».

В окне программного обеспечения выбрать COM порт ваттмтера (смотри п. 2.2) и нажать кнопку «Подключиться».

В случае правильного подключения ваттметра ВПМ и отсутствии сбоев ПО в блоке «Системный лог/Настройки» при нажатии кнопки «Информация» отображается тип и серийный номер подключенного ваттметра.

2.3.3 Выбор настроек измерений

Для точных и правильных измерений необходима информация о центральной частоте измеряемого сигнала. Ввод частоты, на которой проводятся измерения осуществляется в блоке ПО «Настройка- Частота:»:

- необходимо ввести с помощью цифр значащие разряды частоты. Рекомендуется указывать частоту с разрешением не менее 10 МГц;

- выбрать разрядность введенного числа: ГГц, МГц или кГц;

- подтвердить выбор нажатием кнопки «Ок».

После ввода частоты следует выбрать формат отображаемых результатов измерений мВт или дБ (1 мВт). При абсолютных измерениях, зачастую, выбираются значения в мВт. При измерениях изменяющихся во времени сигналов или использовании внешних аттенюаторов рекомендуется выбрать формат отображения результов в относительном уровне – дБ (1 мВт).

Установить флаг напротив «автоматического усреднения» или ввести желаемое количесто усреднений. При выборе усреднений следует учитывать, что время единичного измерения составляет 20 мс. При увеличении усреднений замедляется реакция на изменяющийся сигнал. И наоборот, при уменьшении усреднений увеличивается собственный шум ваттметра ВПМ.

Далее необходимо выбрать количество десятичных знаков после запятой, отображаемых в: 0,1 или 0,01 или 0,001. Количество десятичных разрядов после запятой рекомендуется выбирать исходя из требуемой точности. Следует также помнить, большое количество неинформативных, быстро менящихся символов мешает восприятию.

Ваттметр настроен для выполнения измерений.

2.3.4. Запуск измерений.

После выполнения настроек запуск измерений осуществляется нажатием кнопки «Старт».

Нажатие кнопки «Старт» инициализирует передачу результатов измерений мощности в окна «Мощность» и «График мощности».

Нажатием кнопки «Стоп» измерения останавливаются.

2.3.5 Прямые измерения мощности

Ваттметр ВПМ имеет соединитель тип N «вилка». Он подключается к ответному соединителю тип N «розетка». Подключение преобразователя необходимо выполнять соблюдая соосность соединителей, избегая наклон, закусывание резьбы, что может привести к излому как измеряемого утройства, так и ваттметра ВПМ.

Крутить корпус ваттметра для затягивания резьбы соединителя ЗАПРЕЩАЕТСЯ!

Подключить СВЧ соединитель ваттметра ВПМ к СВЧ выходу измеряемого устройства.

Присоединить гайку соединителя ваттметра ВПМ к резьбе измеряемого устройства и без усилий провернуть гайку. Если гайка закручивается с усилием, открутить гайку, проверить целостность соединителей и повтроить закручивание гайки.

После подключения ваттметра показания могут измениться.

Это может быть связано с разной температурой измеряемого устройства и ваттметра, нагрева соединителя при соединении. Рекомендуется после соединения приборов выждать не меее 5 минут.

Если показания ваттметра не превышают минус 30 дБ (1 мВт) можно приступать к измерениям.

Если показания превышают минус 40 дБ (1 мВт), то возможно на входе ваттметра уже присутствует измеряемый сигнал.

Отсчет показаний осуществляется в блоке «Мощность» основного окна ПО.

График отображает последовательные отсчеты показаний во времени.

Запись результатов измерений осуществляется в блоке «Системный лог/настройки» в закладке «Показать лог (мощность/частота).

Запись результатов измерений рекомендуется использовать для измеренений общей продолжительностью не более 5 минут.

При превышении уровня сигнала необходимо быстро выключить источник.

2.3.6 Прямые измерения мощности с опцией внешнего аттенюатора.

Ваттметр ВПМ имеет соединитель тип N «вилка». Он подключается к ответному соединителю тип N «розетка» опции внешнего аттенюатора. Подключение преобразователя необходимо выполнять соблюдая соосность соединителей, избегая наклон, закусывание резьбы, что может привести к излому как измеряемого утройства, так и ваттметра ВПМ.

Крутить корпус ваттметра для затягивания резьбы соединителя ЗАПРЕЩАЕТСЯ!

СВЧ вход внешнего аттенюатора ВПМ имеет соединитель тип N «вилка». Он подключается к ответному соединителю тип N «розетка» измеряемого устройства. Подключение необходимо выполнять соблюдая соосность соединителей, избегая наклон, закусывание резьбы, что может привести к излому как измеряемого

утройства, так и ваттметра ВПМ. Опция 30 имеет достаточно большой вес – при подключении необходимо исключить его давление на СВЧ соединитель.

После подключения ваттметра показания могут измениться.

Возможно на входе ваттметра уже присутствует измеряемый сигнал.

В блоке «Настройки» ввести смещение в дБ:

в формуляре ваттметра ВПМ выбрать значение модуля коэффициента передачи аттенюатора для данной частоты;

ввести значение модуля коэффициента передачи. дБ, в окне «смещение» и нажать кнопку «Установить».

Отсчет показаний осуществляется в блоке «Мощность» основного окна ПО.

График отображает последовательные отсчеты показаний во времени.

Запись результатов измерений осуществляется в блоке «Системный лог/настройки» в закладке «Показать лог (мощность/частота).

Запись результатов измерений рекомендуется использовать для измеренений общей продолжительностью не более 5 минут.

При превышении уровня сигнала необходимо быстро выключить источник.

2.4 Порядок оценки точности измерений

2.4.1 Измерения в нормальных условиях

Относительная погрешность δP измерений мощности на выходе согласованных устройств P, мВт, непрерывных гармонических колебаний расчитывается по формуле, %:

$$5+0,003/P[\text{мВт}]. \quad (1)$$

Относительная погрешность δP измерений мощности на выходе несогласованных устройств (с модулем коэффициента отражения Г) P, мВт, непрерывных гармонических колебаний расчитывается по формуле, %:

$$5+0,003/P[\text{мВт}]+2\cdot Г\cdot Г_{ВПМ}\cdot 100\ \%. \quad (2)$$

Для гарантированных значений коэффициента отражения входа ватмтетров ВПМ значения относительной погрешности измерений мощности ваттметром ВПМ в зависимости от измеряемого уровня и коэффициентов отражения приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Относительная погрешность измерений мощности ваттметром ВПМ на выходе рассогласованных устройств, %

Модуль коэффициента отражения измеряемого устройства Г	Уровень мощности, дБ (1 мВт)	
	от -20 до -10	свыше – 10до 20
0,1	6,7	6,4
0,2	8,1	7,8
0,3	9,5	9,2

2.4.2 Измерения в рабочих условиях

Относительная погрешность δP измерений мощности на выходе несогласованных устройств (с модулем коэффициента отражения Г) P, мВт, непрерывных гармонических колебаний расчитывается по формуле, %:

$$5+3\cdot Pmin/P[мВт]+2\cdot Г\cdot Г_{ВПМ}\cdot 100\ \%+\delta доп, \quad (3)$$

где δдоп - дополнительная относительная погрешность измерений мощности вызванная изменением температуры относительно нормальных условий, % на каждые 10 °С.

Дополнительная погрешность зависит от частоты:

δдоп=5 % на каждые /10 °С на частотах не более 2,5 ГГц;

δдоп=10 % на каждые /10 °С на частотах более 2,5 ГГц.

Например, при температуре 5 °С изменение температуры относительно нормальных условий составляет 10 °С и дополнительная погрешность измерений мощности на частоте 1 ГГц составляет 5 %.

2.4.3 Измерения средней мощности квадратурно модулированных сигналов

Ваттметр ВПМ является среднеквадратическим (True RMS) измерителем мощности и погрешности, связанные с измерениями модулированных сигнало, приведены в таблице 1.

При измерениях модулированных сигналов увеличивается случайная составляющая погрешности.

Суммарная относительная погрешность измерений средней мощности модулированных колебаний (среднеквадратичная мощность сигналов стандартов

GSM, CDMA, LTE, DVB-T2, WiMAX с квадратурной модуляцией поднесущих FM, QPSK, QAM и шириной полосы до 70 МГц и пик-фактором (PAPR) до 12 дБ.) рассчитывается по формуле:

$$5+6\cdot Pmin/P[мВт]+2\cdot Г\cdot Г_{ВПМ}\cdot 100\ \%+\delta доп. \quad (4)$$

2.4.4 Измерения средней мощности с опциями 10/20/30

Относительная погрешность δP измерений мощности на выходе несогласованных устройств (с модулем коэффициента отражения Г) P, мВт, непрерывных гармонических колебаний с опциями внешних аттенюаторов расчитывается по формуле, %:

непрерывных колебаний

$$7+3\cdot Pmin/P[мВт]+2\cdot Г\cdot Г_{ВПМ}\cdot 100\ \%+\delta доп, \quad (5)$$

где P[мВт] – мощность на входе ваттметра ВПМ с учетом значений коэффициента масштабного преобразования ;

модулированных колебаний

$$7+6\cdot Pmin/P[мВт]+2\cdot Г\cdot Г_{ВПМ}\cdot 100\ \%+\delta доп. \quad (6)$$

Раздел 3. Дистанционное управление

3.1 Общие сведения о дистанционном управлении

Ваттметр поглощаемой мощности СВЧ ВПМ поддерживает дистанционное управление по интерфейсу USB (USBTMC/USB488), что позволяет интегрировать прибор в автоматизированные измерительные системы. Управление осуществляется с помощью команд стандарта SCPI (Standard Commands for Programmable Instruments), обеспечивающих совместимость с широким спектром программного обеспечения для автоматизации измерений.

3.1.1 Настройка USB-интерфейса

USB-интерфейс ваттметра ВПМ не требует дополнительной настройки. Перед подключением USB-кабеля необходимо установить на компьютере библиотеки ввода-вывода, поддерживающие стандарт USBTMC (USB Test and Measurement Class).

3.1.2 Структура SCPI-команд

Язык SCPI использует иерархическую структуру, аналогичную файловой системе. Дерево команд организовано с корневыми командами (называемыми подсистемами) на верхнем уровне и несколькими уровнями ниже каждой корневой команды. Для выполнения отдельных команд нижнего уровня необходимо указать полный путь.

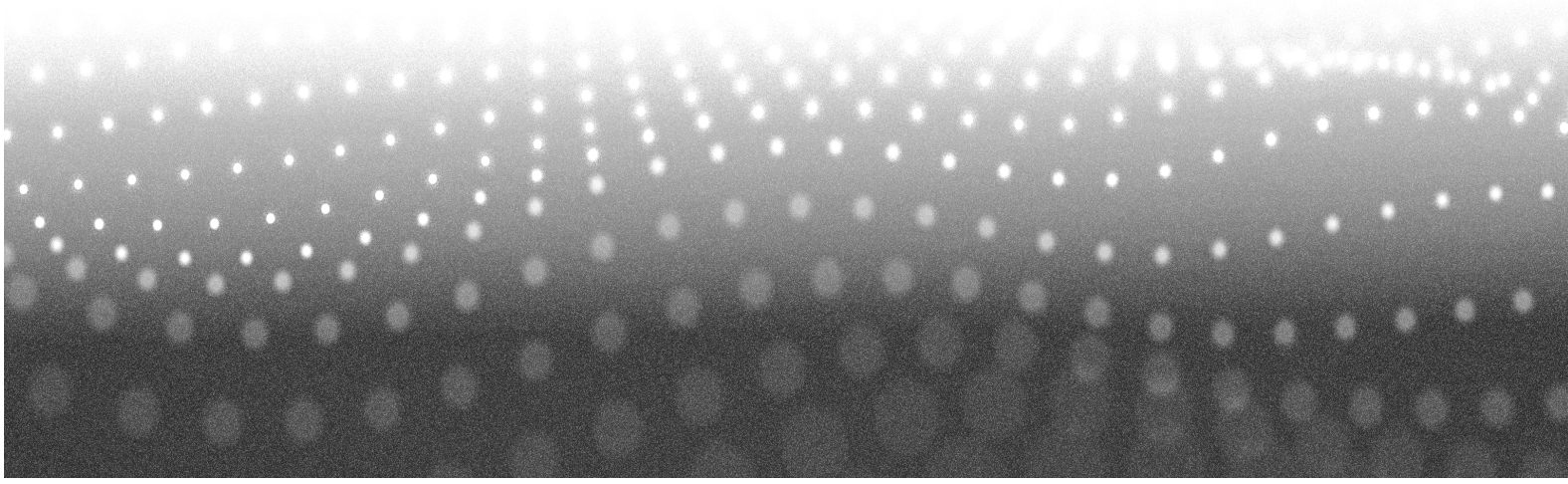
Каждое ключевое слово имеет полную и сокращённую форму. В документации полная форма показана с выделением сокращённой части заглавными буквами. Например, сокращённая форма SYSTem — SYST.

Основные правила синтаксиса:

Правило	Обозначение	Описание
Двоеточие	:	Указывает на корневую команду, если является первым символом, или перемещает на один уровень вниз по дереву команд
Точка с запятой	;	Разделяет две команды в одной строке без изменения текущего пути
Запятая	,	Разделяет параметры команды
Пробел		Обязательно отделяет параметр от ключевого слова команды

Синтаксические обозначения:

[ ]	Необязательные ключевые слова или параметры
{ }	Один или более параметров, которые могут быть включены ноль или более раз
< >	Вместо заключённого параметра необходимо подставить значение
|	Альтернативные варианты параметров



3.1.3 Типы данных SCPI

В программировании ваттметра ВПМ используются следующие типы данных:

<boolean>	Логическое значение: ON (1) или OFF (0)
<character_data>	Строковые данные, состоящие из букв латинского алфавита, цифр и символа подчёркивания
<NRf>	Гибкое числовое представление (целые и числа с плавающей точкой)
<numeric_value>	Десятичное числовое значение, может принимать значения MIN, MAX, DEF
<string>	Строковое значение, заключённое в кавычки

3.2 Команды для дистанционного управления

Ваттметр поддерживает команды дистанционного управления, приведенные в таблице 5.

Таблица 5 – Команды дистанцинного управления

№	Раздел	Команда
1	IEEE 488.2	*IDN?
2	IEEE 488.2	*RST
3	IEEE 488.2	*OPC?
4	IEEE 488.2	*TST?
5	IEEE 488.2	*CLS
6	IEEE 488.2	*ESE 1
7	IEEE 488.2	*ESE?
8	IEEE 488.2	*ESR?
9	IEEE 488.2	*SRE 1
10	IEEE 488.2	*SRE?
11	IEEE 488.2	*STB?
12	IEEE 488.2	*WAI
13	Измерения	FETCh?
14	Измерения	FETC?
15	Измерения	READ?
16	Измерения	MEASure?
17	Измерения	MEAS?
18	Измерения	CONFigure?
19	Измерения	CONF?
20	Управление запуском	INIT:CONT ON
21	Управление запуском	INIT:CONT OFF
22	Частота	SENS:FREQ 1000MHZ
23	Частота	SENS:FREQ?
24	Усреднение	SENS:AVER:COUN 128
25	Усреднение	SENS:AVER:COUN?
26	Усреднение	SENS:AVER:STAT ON
27	Усреднение	SENS:AVER:STAT OFF
28	Усреднение	SENS:AVER:STAT?
29	Усреднение	SENS:AVER:TCON MOV

Продолжение таблицы 5

30	Усреднение	SENS:AVER:TCON REP
31	Усреднение	SENS:AVER:TCON?
32	Коррекция смещения	SENS:CORR:OFFS 10.5
33	Коррекция смещения	SENS:CORR:OFFS?
34	Единицы измерения	UNIT:POW DBM
35	Единицы измерения	UNIT:POW W
36	Единицы измерения	UNIT:POW MW
37	Единицы измерения	UNIT:POW UW
38	Единицы измерения	UNIT:POW?
39	Калибровка	CAL:ZERO:AUTO
40	Калибровка	CAL:STAT?
41	Калибровка	CAL:FACT 1.2
42	Калибровка	CAL:FACT?
43	Системные	SYST:ERR?
44	Системные	SYST:VERS?
45	Системные	SYST:PRES
46	Системные	STAT:OPER:COND?
47	Входной аттенюатор	INP:ATT 5.000
48	Входной аттенюатор	INP:ATT?
49	Разрешение/Скорость	SENS:MRES 3
50	Разрешение/Скорость	SENS:MRES?
51	Разрешение/Скорость	SENS:SPE FAST
52	Разрешение/Скорость	SENS:SPE NORM
53	Разрешение/Скорость	SENS:SPE SLOW
54	Разрешение/Скорость	SENS:SPE?
55	Диапазон	SENS:POW:AC:RANG?
56	Относительные измерения	CALC:REL:STAT ON
57	Относительные измерения	CALC:REL:STAT OFF
58	Относительные измерения	CALC:REL:STAT?
59	Относительные измерения	CALC:REL:MAGN?
60	Фильтр alpha	SENS:FILT:ALPH 0.5
61	Фильтр alpha	SENS:FILT:ALPH?
62	Отладка	DISP:ENAB ON
63	Отладка	DISP:ENAB OFF
64	Отладка	DISP:ENAB?

Раздел 4. Техническое обслуживание

4.1 Меры безопасности и правила хранения

4.1.1 Общие требования безопасности

При эксплуатации, техническом обслуживании и хранении ваттметра СВЧ необходимо соблюдать требования безопасности, изложенные в настоящем разделе, а также требования, установленные эксплуатационной документацией на прибор и используемое вспомогательное оборудование.

4.1.2 Электробезопасность

Перед включением ваттметра к приборам необходимо убедиться в надежном их заземлении. Заземление осуществляется через соответствующий контакт сетевой вилки или отдельный зажим заземления на корпусе прибора.

Запрещается:

эксплуатировать прибор при снятых крышках и защитных кожухах;

прикасаться к неизолированным токоведущим частям;

допускать попадание влаги и посторонних предметов внутрь прибора.

4.1.3 Безопасность при работе с СВЧ-излучением

Генератор является источником опасного для здоровья СВЧ-излучения. При работе необходимо соблюдать следующие правила безопасности :

при кратковременных перерывах в работе переключатель режимов устанавливать в положение, соответствующее срыву генерации;

соответствующие ручки регулировки должны находиться в положении минимальной мощности;

неиспользуемые выходы СВЧ-мощности должны быть закрыты заглушками;

перед отключением соединительных кабелей необходимо убедиться в отсутствии СВЧ-сигнала.

4.1.4 Защита от электростатического разряда

Ваттметры СВЧ чувствительны к электростатическим разрядам, которые могут привести к выходу из строя чувствительных элементов СВЧ-модуля. При проведении работ с прибором необходимо соблюдать следующие меры защиты:

использование антистатического браслета, соединенного с контуром заземления;

проведение работ на поверхности, имеющей антистатическое покрытие;

транспортировка ваттмера в транспортной упаковке.

4.1.5 Правила хранения

Ваттметр должен храниться в отапливаемом помещении при температуре окружающего воздуха от 5 до 40 °С и относительной влажности воздуха не более 80 % при температуре 25 °С .

Условия хранения должны исключать:

прямое воздействие солнечных лучей;

воздействие агрессивных сред (паров кислот, щелочей, химически активных газов);

вибрацию и удары;

попадание пыли и влаги.

Транспортирование прибора должно осуществляться в заводской упаковке, обеспечивающей защиту от механических повреждений и климатических воздействий. Предельные условия транспортирования должны соответствовать группе условий хранения 3 по ГОСТ 22261.

4.2 Указания по уходу и чистке

4.2.1 Общие положения

Для обеспечения надежной и долговременной работы ваттметра СВЧ необходимо регулярно выполнять мероприятия по уходу за прибором. Уход за прибором включает: очистку внешних поверхностей, проверку состояния соединителей, кабелей и органов управления.

4.2.2 Очистка корпуса

Очистка внешних поверхностей прибора должна производиться по мере загрязнения, но не реже одного раза в год. Для очистки следует использовать мягкую ткань, слегка смоченную в мыльном растворе или специальных чистящих средствах, не содержащих абразивных частиц или агрессивных растворителей.

Запрещается:

использовать для очистки органические растворители (ацетон, бензин, спирт), если иное не предусмотрено инструкцией для конкретной модели;

допускать попадание влаги внутрь прибора и в СВЧ-тракт;

применять абразивные материалы и жесткие щетки;

производить очистку при включенном питании.

4.2.3 Уход за СВЧ-соединителями

СВЧ-соединители являются наиболее критичными элементами прибора, требующими особого внимания. Основные правила ухода:

перед каждым подключением необходимо осматривать соединители на наличие загрязнений, царапин и деформаций;

очистка соединителей должна производиться с использованием специальных чистящих средств и инструментов (например, безворсовых палочек, сжатого воздуха);

при обнаружении загрязнений центрального проводника или внешнего контакта следует производить очистку изопропиловым спиртом с последующей обязательной просушкой;

запрещается прикасаться к внутренним частям соединителя пальцами;

неиспользуемые соединители должны быть закрыты защитными колпачками для предотвращения попадания пыли и механических повреждений.

4.3 Проверка работоспособности и калибровка

4.3.1 Общие положения

Проверка работоспособности и калибровка ваттметра СВЧ проводятся для подтверждения его метрологических характеристик и обеспечения достоверности результатов измерений.

4.3.2 Проверка работоспособности (опробование)

Проверка работоспособности проводится перед каждым включением прибора для выполнения измерений, а также после длительного хранения или транспортирования. Опробование включает следующие операции :

Внешний осмотр:

проверка отсутствия видимых механических повреждений корпуса, соединителей и органов управления;

проверка исправности элементов соединения СВЧ-трактов;

проверка целостности кабелей и соединительных линий.

проверка электрической установки нуля.

4.3.3 Поверка и калибровка

Калибровка выполняется изготовителем для корректировки изменений метрологических характеристик при эксплуатации. Рекомендуемый интервал – один раз в год.

Поверка осуществляется в установленном порядке.

Раздел 5. Сведения об утилизации.

5.1 Настоящий раздел содержит сведения об обращении с изделием по окончании срока его службы. Данные указания предназначены для организаций, осуществляющих утилизацию, и обслуживающего персонала.

5.2 Сведения о содержании драгоценных металлов Конструкция прибора и его комплектующих не содержат драгоценных металлов (золота, серебра, платины, металлов платиновой группы). Учет драгоценных металлов при списании и утилизации не требуется.

5.3 Утилизация прибора проводится в соответствии с законодательством в области охраны окружающей среды.

5.4 Поскольку ваттметр является радиоизмерительным прибором, содержащим электронные компоненты, его утилизация должна производиться на специализированных предприятиях, имеющих лицензию на обращение с электронным ломом.

5.5 Работы по разборке должны производиться в диэлектрических перчатках с использованием исправного изолированного инструмента.

+7 (495) 649-83-77
sale@emftest.ru
ООО «ЭКО-ТЕСТ ХОЛДИНГ»
121596, г. Москва,
ул. Горбунова, д. 2, стр. 3