

## 1. МЕТОДЫ ПОВЕРКИ

181

## 1.1. Общие сведения

1.1.1. Настоящий раздел устанавливает методы и средства поверки частотомера электронно-счетного СВЧ VM0402 в соответствии с ГОСТ 8.329-78.

Периодичность поверки - два года.

## 1.2. Операции и средства поверки

1.2.1. При проведении поверки должны производиться операции и применяться средства поверки, указанные в табл.1.1.

Таблица 1.1.

Номер пункта	Наименование операции	Рекомендуемое средство поверки, (наименование, тип)	Основные метрологические характеристики	Обязательность проведения операции при	
				выпуске после ремонта	эксплуатации и хранении
1.6.2	Определение метрологических параметров: пределов измерения частоты и периода синусоидальных сигналов по входам А и С	Генератор сигналов низкочастотный Г3-122 ✓ Генератор сигналов высокочастотный Г4-164 ✓ Генератор сигналов высокочастотный Г4-154 ✓ Милливольтметр высокочастотный В3-62 ✓	Диапазон 1Гц - 10 МГц; Уровень 25 мВ - 1 В. Диапазон 10 - 600 МГц; Уровень 50 мВ - 1 В. Диапазон 1 - 1,6 ГГц; Уровень 50 мкВт - 20 мВт Диапазон 10 кГц - 1,5 ГГц; Измеряемый уровень 15 мВ - 10 В.	да	да
1.6.3	пределов измерения частоты и периода импульсных сигналов по входу А	Генератор импульсов Г5-78 ✓	Диапазон 50 - 100 МГц; Уровень 0,07 - 2,5 В	да	да

## Продолжение таблицы 1.1.

Номер пункта	Наименование операции	Рекомендуемое средство поверки, (наименование, тип)	Основные метрологические характеристики	Обязательность проведения операции при	
				выпуске после ремонта	эксплуатации и хранения
1.6.4	пределов измерения длительности импульсов	Генератор импульсов Г5-89 Осциллограф двухканальный С1-97 <i>нет</i>	✓ Диапазон 100 нс - 100 мс; Уровень 0,07 В	да	да
1.6.5	диапазона измерения частоты непрерывных сигналов по входу D	Генератор сигналов высокочастотный Г4-198 <i>нет</i> Генератор сигналов высокочастотный Г4-115 <i>нет</i> Ваттметры поглощаемой мощности М3-51, М3-52, М3-53 <i>нет</i>	Диапазон частот до 18 ГГц; Уровень 100 мкВт. Диапазон частот до 37,5 ГГц; Уровень 100 мкВт. Уровень 0,1 - 5 мВт; Диапазон частот 7,5 - 18 ГГц 18 - 26 ГГц 26 - 37,5 ГГц	да	да
1.6.6	диапазона измерения несущей частоты ИМ сигналов	Генератор сигналов высокочастотный Г4-198 <i>нет</i> Генератор сигналов высокочастотный Г4-115 <i>нет</i> Ваттметры поглощаемой мощности М3-51, М3-52, М3-53 <i>нет</i>	Диапазон частот до 18 ГГц; Уровень 200 мкВт. Диапазон частот до 37,5 ГГц; Уровень 200 мкВт. Уровень 0,1 - 5 мВт; Диапазон частот 7,5 - 18 ГГц 18 - 26 ГГц 26 - 37,5 ГГц	да	да

## Продолжение таблицы 1.1.

Номер пункта	Наименование операции	Рекомендуемое средство поверки, (наименование, тип)	Основные метрологические характеристики	Обязательность проведения операции при	
				выпуске после ремонта	эксплуатации и хранения
1.6.7	относительной погрешности дискретности	Генератор импульсов Г5-78 Генератор сигналов высокочастотный Г4-164	Частота следования 0,1 - 10 кГц; Длительность импульса 1 - 100 мкс Уровень 50 мВ, Частота 100 МГц	да	да
1.6.8	относительной погрешности запуска	Генератор сигналов низкочастотный Г3-122	Уровень 1 В, Частота 10 Гц и 10 кГц.	да	да
1.6.9	погрешности измерения частоты непрерывных колебаний по входу D	Синтезаторы частот VMK-2402 VMK-2407	Диапазон частот 2 - 8,18 ГГц, 26 - 37,5 ГГц	да	да
1.6.10	погрешности измерения частоты ИМ сигналов	Синтезаторы частот VMK-2402 VMK-2407 Генератор импульсов Г5-78	Диапазон частот 2 - 8,18 ГГц, 26 - 37,5 ГГц Частота следования 0,1 - 10 кГц; Длительность импульса 0,15 - 100 мкс	да	да
1.6.11	погрешности частоты внутреннего кварцевого генератора за межповторочный интервал	Стандарт частоты и времени СЧВ-74 Частотомер электронно-счетный ЧЗ-64	Частота 5 МГц, относительная погрешность $3 \cdot 10^{-10}$ Погрешность измерения частоты $10^{-9}/t_{сч}$	да	да

## Продолжение таблицы 1.1.

Номер пункта	Наименование операции	Рекомендуемое средство поверки, (наименование, тип)	Основные метрологические характеристики	Обязательность проведения операции при	
				выпуске после ремонта	эксплуатации и хранения
1.6.12	пределов коррекции частоты внутреннего кварцевого генератора	Частотомер электронно-счетный ЧЗ-77 <i>нп</i>	Погрешность измерения частоты $10^{-7}$	да	да
1.6.13	работоспособности от внешнего опорного сигнала	Генератор сигналов высокочастотный Г4-164 ✓	Уровень 1 В, Частота 100 МГц	да	да

## Примечания :

1. При проведении поверки разрешается применять другие меры и измерительные приборы, обеспечивающие измерение соответствующих параметров с требуемой точностью.

2. Средства измерения, используемые для поверки, должны быть поверены в органах государственной или ведомственной метрологической службы в соответствии с ПР50.2.006-94.

1.2.2. При поверке используется специальная измерительная система, состоящая из ПЭВМ типа IBM PC и базового блока, в который входит источник питания, контроллер гнезда "0", модуль рубидиевого стандарта частоты и времени VM2201 и модуль поверяемого частотомера.

1.2.3. Порядок работы с модулем в составе системы приведен в первой части Руководства по эксплуатации. В дальнейшем при проведении поверки будут указываться включаемые режимы модуля без дополнительных объяснений и ссылок.

## 1.3 Требования к квалификации поверителей

1.3.1 Квалификация поверителей предполагает умение их работать на персональной ЭВМ типа IBM PC и хорошее знание образцовой контрольно-измерительной аппаратуры (КИА).

## 1.4 Требования безопасности при поверке

1.4.1 При проведении поверки необходимо соблюдать требования безопасности, указанные в разделе 2 первой части настоящего руководства по эксплуатации.

Проверку проводят при положительной и отрицательной полярности импульсов амплитудой 70 мВ и 2,5 В. Амплитуду импульсов контролируют с помощью осциллографа С1-97. Измерения проводят при входном сопротивлении 50 Ом и коэффициенте ослабления 1, уровень запуска устанавливают равным 0,5 амплитуды импульса.

Проверку измерения при ослаблении 10 проводят с помощью генератора Г5-89 в точке 50 МГц при амплитудах импульсов положительной и отрицательной полярности 2,5 и 10 В.

Результаты проверки считаются удовлетворительными, если измерения соответствуют установленным значениям частоты (периода) с учетом погрешности их установки.

1.6.4. Проверку диапазона измеряемых длительностей импульсов проводят с помощью генератора Г5-89.

Параметры частотомера устанавливают в соответствии с табл. 1.2.

Таблица 1.2.

Параметр модуля	Состояние
Режим	$t_{и \_ -}$ - при положительном импульсе $t_{и \_ -}$ - при отрицательном импульсе
Коэффициент усреднения	1
Связь с каналами А и В	= (по постоянному току)
Ослабление	1 (1:1)
Входное сопротивление	50 Ом
Уровень запуска каналов	0,5 амплитуды импульса

Амплитуду выходных импульсов устанавливают равной 0,07 В. Длительность импульсов устанавливают 100 нс, 100 мкс, 100 мс при периодах следования 10 мкс, 1 мс, 900 мс соответственно. Контроль длительности и амплитуды импульсов осуществляется с помощью осциллографа С1-97.

Результаты проверки считаются удовлетворительными, если измеренные значения соответствуют установленным значениям длительностей импульсов с учетом погрешности их установки.

1.6.5 Проверку диапазона измеряемых частот и минимального уровня входного сигнала по входу D проводят с помощью генераторов Г4 - 198, Г4 - 115.

Сигнал с выхода генератора подают на вход D модуля, уровень выходной мощности генераторов устанавливают равным 100 мкВт, контроль мощности осуществляется по отсчетному устройству генератора или с помощью измерителей мощности М3-51, М3-52, М3-53.

Модуль программируется на измерение частоты непрерывных колебаний и производится измерения в точках 1,5, 18, 26 и 37,5 ГГц, при времени счета 1 мс.

Результаты проверки считаются удовлетворительными, если измеренные значения соответствуют установленным значениям частоты с учетом погрешности их установки и измерения.

1.6.6 Проверку диапазона измеряемых несущих частот импульсно-модулированных сигналов проводят с помощью генераторов типа Г4 - 198, Г4 - 115 в режиме ИМ.

В качестве источника модулирующего сигнала используют генератор типа Г5-78. Измерения проводят при параметрах входного сигнала, указанных в табл. 1.3 при времени счета 1 мс.

Таблица 1.3.

$F_{\text{нес}}$ , ГГц	1,6	18	26	37,5
$P_{\text{вх}}$ , мВт	0,1	0,1	0,2	0,2
$t_{\text{сч}}$ , мкс	100	10	1	1
$F_{\text{сч}}$ , кГц	0,1	1	10	10

Результаты проверки считаются удовлетворительными, если измеренные значения соответствуют установленным значениям несущей частоты с учетом погрешности их установки и измерения.

1.6.7. Проверку погрешности, обусловленной несинхронностью входного и опорного сигналов в режиме измерения частоты и периода проводят путем измерения по входам А и С частоты сигнала 100 МГц с выхода генератора Г4-164, синхронизированного сигналом частоты 5 МГц с выхода модуля рубидиевого стандарта частоты и времени VM2201. В качестве опорного сигнала испытуемого модуля частотомера используется сигнал частотой 10 МГц, снимаемый с того же модуля стандарта частоты.

Уровень входного сигнала устанавливается равным 0,5 В, время счета модуля - равным 10 и 100 мс.

Результаты проверки считаются удовлетворительными, если результаты измерения не выходят за пределы значений, приведенных в табл. 1.4.

Таблица 1.4.

Время счета, мс	Результаты измерения, МГц
10	$100 \pm 0,0002$
100	$100 \pm 0,00002$

1.6.8. Проверку погрешности запуска канала А проводят путем измерения частоты сигнала генератора Г3-122, синхронизированного опорным сигналом частоты 5 МГц с выхода модуля рубидиевого стандарта частоты и времени VM 2201. В качестве опорного сигнала испытуемого модуля частотомера используется сигнала частоты 10 МГц, снимаемый с того же модуля стандарта частоты.

Измерения проводят на частотах 10 Гц и 100 кГц при напряжении сигнала 1 В, время счета частотомера устанавливается равным 100 мкс.

Результаты проверки считаются удовлетворительными, если результаты измерения не выходят за пределы значений, приведенных в табл. 1.5.

Таблица 1.5.

Измеряемая частота	Результаты измерения
10 Гц 100 кГц	10 ± 0,01 Гц 100 ± 01 кГц

1.6.9. Проверку погрешности измерения частоты непрерывных колебаний по входу D проводят путем измерения частоты сигнала модульных синтезаторов VMK 2402, VMK 2407, синхронизированных сигналом частоты 10 МГц с выхода модуля рубидиевого стандарта частоты и времени VM 2201. В качестве опорного сигнала испытываемого модуля также используется сигнал модуля VM 2201.

Проверка проводится на частотах 2,0 и 37,5 ГГц при временах счета 1 мс и 1 с.

Результаты проверки считаются удовлетворительными, если измеренные значения не выходят за пределы значений, указанных в табл. 1.6.

Таблица 1.6.

F, ГГц	t <sub>сч</sub>	Результаты измерения
2,0	1 мс	2000000 ± 1 кГц
	1 с	2000000000 ± 1 Гц
37,5	1 мс	37500000 ± 1 кГц
	1 с	37500000000 ± 1 Гц

1.6.10. Проверка погрешности измерения несущей частоты импульсно-модулированного сигнала по входу D проводится путем измерения несущей частоты ИМ сигналов, формируемых с помощью синтезаторов частоты VMK 2402, VMK 2407, стандарта частоты и времени VM2201 и генератора импульсов Г5-78, включенных по схеме рис 1.1.

Значения частот и параметры сигналов указаны в табл. 1.7.

Таблица 1.7..

F <sub>нес.</sub> ГГц	Длительность импульса, мкс	Частота следования, кГц	Время счета, сек	Результат измерения
2,0	100	0,1	0,01	
	10	1	0,1	
	0,15	100	1	
37,5	10	1	0,1	
	0,15	100	1	

Регистрируется не менее 10 результатов измерения и вычисляется среднее значение.

Результаты проверки считаются удовлетворительными, если погрешность измерения несущих частот F<sub>им</sub> не превышает значений, указанных в табл. 1.7.

Схема подключения приборов для проверки погрешности измерения несущей частоты импульсно-модулированных сигналов.

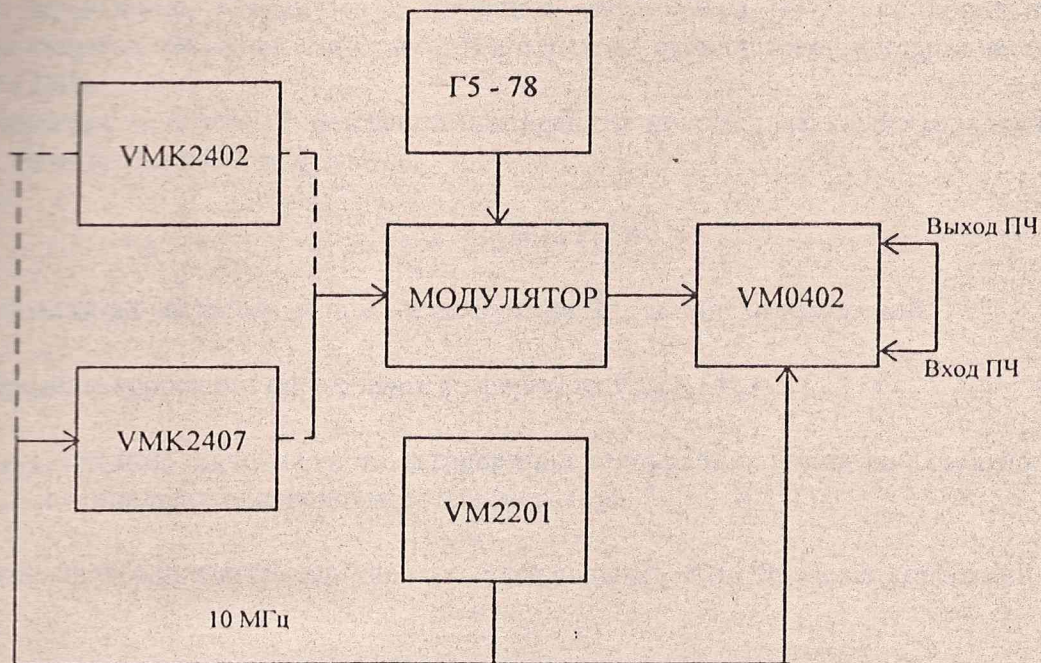


Рис. 1.1

1.6.11. Определение относительной погрешности по частоте внутреннего кварцевого генератора за межповерочный интервал производится после прогрева генератора в течение 4 часов.

Межповерочный интервал отсчитывается со времени предыдущей поверки модуля, при которой действительное значение частоты генератора было установлено с погрешностью не более  $\pm 3 \cdot 10^{-8}$ .

Время прогрева отсчитывается с момента включения модуля в составе базового блока или стенда для проверки и ремонта модуля частотомера.

Сигнал с разъема "10MHz-->" на передней панели модуля подается на вход А частотомера ЧЗ-64, синхронизированного опорным сигналом частотой 5 МГц с выхода модуля рубидиевого стандарта частоты и времени, если проверка производится в составе базового блока, или с выхода стандарта Ч1-83 при проверке в составе стенда.

Производится измерение частоты сигнала кварцевого генератора модуля при времени счета 1 с. Результат измерения, полученный усреднением по не менее, чем 10 однократным измерениям, регистрируется и заносится в формуляр модуля.

Вычисляется значение относительной погрешности по формуле:

$$\delta_0 = (f_{ср} - f_n) / f_n, \quad (1)$$

где  $f_n = 10^7 \text{ Гц}$

Измеренное значение погрешности регистрируется в формуляре, после чего производится установка частоты генератора с погрешностью, не превышающей  $\pm 3 \cdot 10^{-8}$ .



1.6.12. Проверку пределов коррекции частоты внутреннего кварцевого генератора проводят путем измерения частоты выходного сигнала генератора (Выход 10 МГц) при крайних положениях корректора с помощью частотомера ЧЗ-77, синхронизированного внешним опорным сигналом частоты 5 МГц с выхода рубидиевого стандарта частоты и времени VM 2201.

Проводят не менее 10 измерений при крайних положениях корректора и определяют среднее значение частоты по формуле:

$$f_{\text{ср1,2}} = \text{сумма } f_i / n, \quad (2)$$

где:  $f_i$  - показания частотомера при  $i$ -м измерении, Гц;  $n$  - число измерений.

$$\text{Пределы коррекции определяют по формуле: } f_{\text{кор}} = (f_{\text{ср1,2}} - f_n) / f_n, \quad (3)$$

где:  $f_{\text{ср1,2}}$  - средние значения частоты генератора при крайних положениях корректора, Гц;  $f_n$  - номинальное значение частоты генератора,  $f_n = 1 \cdot 10^7$  Гц.

Результаты проверки считаются удовлетворительными, если пределы коррекции не менее  $\pm 1 \cdot 10^{-5}$ .

После определения пределов коррекции корректор устанавливают в положение, соответствующее номинальному значению частоты генератора с погрешностью не более  $\pm 1 \cdot 10^{-6}$ .

1.6.13. Проверку работы модуля частотомера от внешнего источника опорного сигнала проводят в режиме измерения частоты 100 МГц сигнала с выхода генератора Г4-164, синхронизированного опорным сигналом частоты 5 МГц с выхода модуля рубидиевого стандарта частоты и времени VM2201. В качестве опорного сигнала испытуемого модуля частотомера используется сигнала частотой 10 МГц, снимаемый с того же модуля стандарта частоты.

Результаты проверки считаются удовлетворительными, если измеренное значение частоты равняется  $100 \text{ МГц} \pm 1 \text{ ед.счета}$ .

## 1.7. Оформление результатов поверки

1.7.1. Положительные результаты поверки оформляют в порядке, установленном метрологической службой, осуществляющей поверку, в соответствии с ГОСТ 8.042-83.

1.7.2. Модули, не прошедшие поверку (т.е. имеющие отрицательные результаты поверки), запрещаются к выпуску в обращение и применению.

## 2. ОПИСАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРИНЦИПАЛЬНОЙ СХЕМЫ.

Схема электрическая функциональная модуля электронно-счетного частотомера СВЧ, приведенная на Рис. 2.1, содержит следующие узлы:

- преобразователь частоты ЯНТИ.411621.023, содержащий преобразователь стробоскопический 0 - 40 ГГц и усилитель ПЧ предварительный ЯНТИ.431139.003.
- формирователь сигналов ЯНТИ.468170.001.
- синтезатор частоты ШИУЯ.411652.024.
- разветвитель ЯНТИ.468520.001
- устройство входное ЯНТИ.468173.019.
- счетный блок ЯНТИ.467411.001
- делитель частоты ЯНТИ.434843.022.

### 2.1 Преобразователь стробоскопический 0 - 40 ГГц

Преобразователь частоты осуществляет понижающее преобразование частоты входного сигнала в диапазоне 1,5 - 37,5 ГГц на гармониках сигнала гетеродина, перестраиваемого в диапазоне 300 - 400 МГц. Схема преобразователя включает в себя монокристаллическую GaAs пару переключающих диодов с идентичными характеристиками и паразитной емкостью менее 0,06 пФ и диод с накоплением заряда (ДНЗ) с малым - порядка 25 пс - временем переключения. Элементы схемы размещены на кварцевой подложке толщиной 0,3 мм, помещенной в герметизированный металлический корпус.

Тракты входного сигнала и гетеродина имеют сечение 2,4 / 1,04 мм. Выход преобразователя конструктивно сопряжен с предварительным усилителем ПЧ.

Схема и конструкция преобразователя обеспечивают развязку входного и гетеродинного трактов порядка ... дБ; потери преобразования при диапазоне частот гетеродина 300 - 400 МГц составляют около 45 дБ в верхней части диапазона измеряемых частот.

### 2.2 Усилитель ПЧ предварительный ЯНТИ.431139.003.

Предварительный усилитель ПЧ обеспечивает оптимальное согласование с преобразователем частоты стробоскопическим с точки зрения снижения потерь преобразования, снижения уровня шумов и неравномерности амплитудно-частотной характеристики тракта ПЧ.

Усилитель состоит из трех каскадов. Транзисторы VT1 и VT2 включены по каскадной схеме и совместно с транзистором VT3 образуют усилитель постоянного тока с последовательной и параллельной отрицательной обратной связью и частотной коррекцией. Эмиттерный повторитель VT4 обеспечивает согласование предварительного усилителя с широкополосным УПЧ. Коэффициент передачи усилителя ...

### 2.3 Формирователь сигналов ЯНТИ.468170.001.

Формирователь сигналов предназначен для формирования сигнала ПЧ, частота которого измеряется счетным блоком модуля в режиме измерения сверхвысоких частот по входу С модуля, для формирования сигналов управления в режиме поиска сигнала, а также для формирования огибающей (видеоимпульса) при измерении несущей импульсно-модулированного сигнала.