

**Стандарт частоты рубидиевый
Ч1-1022/2**

Руководство по эксплуатации

РУГА.411653.011 РЭ

Закрытое акционерное общество «РУКНАР»
Россия, 603107, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 178
Телефон: (831) 278-49-10 Тел. / Факс: (831) 469-30-41

СОДЕРЖАНИЕ

1	Описание прибора и принципа его работы	4
1.1	Назначение.....	4
1.2	Условия эксплуатации	5
1.3	Состав комплекта прибора	6
1.4	Технические характеристики	7
1.5	Устройство и работа прибора	10
1.6	Описание и работа составных частей прибора	12
2	Подготовка прибора к работе	14
2.1	Эксплуатационные ограничения	14
2.2	Распаковывание и повторное упаковывание прибора.....	14
2.3	Порядок установки прибора.....	15
2.4	Подготовка к работе.....	15
3	Порядок работы.....	16
3.1	Меры безопасности при работе с прибором.....	16
3.2	Органы управления, подключения и индикации	16
3.3	Подготовка к проведению измерений.....	18
3.4	Проведение измерений	18
4	Проверка характеристик прибора	21
4.1	Операции и средства проверки	21
4.2	Условия проверки и подготовка к ней	22
4.3	Проведение проверки	22
5	Хранение.....	27
6	Транспортирование.....	27
	Приложение. Форматы команд управления и ответных сообщений при информационном обмене прибора с внешним управляющим устройством.....	28

Настоящее руководство по эксплуатации предназначено для ознакомления с устройством и принципом работы стандарта частоты рубидиевого Ч1-1022/2 (далее – прибор) и содержит описание технических характеристик, принципа действия и конструкции прибора, порядка подготовки прибора к работе, работы с ним, упаковки, хранения и транспортирования прибора. Оно также содержит методику проверки основных технических характеристик прибора.

Изготовитель ведёт постоянную работу по совершенствованию прибора, поэтому в его конструкции возможны незначительные отклонения от документации, не ухудшающие его потребительские качества.

1 Описание прибора и принципа его работы

1.1 Назначение

1.1.1 Стандарт частоты рубидиевый Ч1-1022/2 предназначен для использования в качестве источника высокостабильного сигнала в аппаратуре измерения частоты и времени, в системах навигации, радиосвязи, в телекоммуникационных сетях. Малые габариты, вес, потребляемая мощность, время выхода в рабочий режим позволяют широко использовать его в различных мобильных радиотехнических системах и комплексах. Прибор обладает возможностью автоматической корректировки частоты по внешнему сигналу 1 Гц, поступающему с приемника спутниковых навигационных систем GPS/ГЛОНАСС/BeiDou (функция дисциплинированного стандарта частоты).

1.1.2 Прибор имеет следующие варианты исполнения:

исполнение А – базовый со стандартным набором характеристик;

исполнение АВ – прибор с повышенной кратковременной стабильностью частоты выходного сигнала;

исполнение АС – прибор с низким уровнем фазового шума в спектре выходного сигнала 10 МГц.

Пример записи обозначения прибора в документации и при заказе:

Стандарт частоты рубидиевый Ч1-1022/2АС РУГА.411653.011 ТУ.

Габаритные и присоединительные размеры прибора приведен на рисунке 1.1.



Рисунок 1.1 – Габаритные и присоединительные размеры стандарта частоты рубидиевого Ч1-1022/2.

1.2 Условия эксплуатации

1.2.1 Нормальные и рабочие условия применения прибора приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1

Условия применения	Температура, °С	Относительная влажность воздуха, %	Атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.)	Напряжение питания, В
Нормальные	+ 20 ± 2	30–80	84–106 (630–795)	≐ 18 ± 0,2
Рабочие	от - 30 до + 60 ^(*)	30–90	60–106,7 (500–800)	≐ (17,0–22,0)
Предельные	от - 40 до + 70 ^(*)	30–90	60–106,7 (460–800)	≐ (16,5–24,0)

(*) В любых рабочих условиях эксплуатации, температура на основании прибора не должна выходить за указанные пределы. Для работы прибора в рабочем температурном диапазоне, необходимо обеспечить эффективный отвод тепла с основания прибора.

ПРИМЕЧАНИЕ. Производитель не рекомендует длительную работу прибора в предельных условиях эксплуатации и не гарантирует характеристик при достижении более чем одним фактором из таблицы 1.1 предельных значений.

Предельные условия транспортирования прибора:

- температура окружающей среды от минус 55 до плюс 70 °С;
- относительная влажность воздуха до 95 % при 30 °С.

1.2.2 Прибор сохраняет свои технические характеристики в пределах норм, указанных в п.п. 1.4.1–1.4.14, в рабочих условиях эксплуатации, а также после пребывания в предельных условиях с последующей выдержкой в нормальных или рабочих условиях в течение 2 ч.

1.3 Состав комплекта прибора

Состав комплекта поставки прибора приведен в таблице 1.2.

Таблица 1.2

Наименование, тип	Обозначение	Количество	Примечание
1 Стандарт частоты рубидиевый Ч1-1022/2	РУГА.411653.011	1	
2 Розетка DB-9F	—	1	
3 CD-диск с прикладным программным обеспечением	РУГА.411653.011 МД	1	
4 Руководство по эксплуатации	РУГА.411653.011 РЭ	1	
5 Упаковка	РУГА.411915.121	1	

1.4 Технические характеристики

Гарантированными считают технические характеристики, приводимые с допусками или предельными значениями. Значения величин без допусков являются справочными.

1.4.1 Номинальное значение частоты выходного сигнала 10 МГц.

1.4.2 Относительная погрешность по частоте выходного сигнала 10 МГц не выходит за пределы:

- при выпуске $\pm 2 \cdot 10^{-11}$;
- в интервале между поверками $\pm 6 \cdot 10^{-10}$.

1.4.3 Относительная погрешность воспроизведения частоты от включения к включению (через 24 ч после включения) не более $5 \cdot 10^{-11}$.

1.4.4 Систематическое относительное изменение частоты за 1 месяц (через 72 ч непрерывной работы после включения) не выходит за пределы $\pm 5 \cdot 10^{-11}$.

1.4.5 Относительная погрешность по частоте за 1 сутки при работе прибора в режиме автоматической корректировки частоты по сигналу внешней шкалы времени в пределах $\pm 1 \cdot 10^{-11}$.

1.4.6 Среднеквадратическое относительное двухвыборочное отклонение частоты не более:

- $3 \cdot 10^{-11}$ ($1 \cdot 10^{-11}$ для исполнения АВ) – за время усреднения 1 с;
- $1 \cdot 10^{-11}$ ($3 \cdot 10^{-12}$ для исполнения АВ) – за время усреднения 10 с;
- $3 \cdot 10^{-12}$ ($1 \cdot 10^{-12}$ для исполнения АВ) – за время усреднения 100 с.

1.4.7 Относительное изменение частоты выходного сигнала в диапазоне рабочих температур от минус 40 до плюс 70 °С не выходит за пределы $\pm 5 \cdot 10^{-10}$.

1.4.8 Относительное изменение частоты выходного сигнала при изменении напряжения питания на 1 В в диапазоне допустимых напряжений питания не более $1 \cdot 10^{-11}$.

1.4.9 Диапазон цифровой перестройки частоты выходного сигнала в пределах $\pm 1 \cdot 10^{-8}$ с шагом $1 \cdot 10^{-12}$ (± 9999 шагов).

1.4.10 Среднеквадратическое значение напряжения выходного сигнала на подключенной нагрузке (50 ± 2) Ом находится в пределах (0,6–1,2) В.

1.4.11 Время установления значения относительной погрешности по частоте выходного сигнала в пределах $\pm 1 \cdot 10^{-9}$ не более:

- 5 мин при температуре окружающей среды плюс 25 °С;
- 20 мин при температуре окружающей среды минус 40 °С.

1.4.12 Подавление гармонических составляющих в спектре выходного сигнала не менее 30 дБ.

1.4.13 Подавление негармонических составляющих в спектре выходного сигнала в диапазоне от 10 Гц до 10 кГц не менее 100 дБ.

1.4.14 Спектральная плотность мощности фазовых шумов в одной боковой полосе спектра выходного сигнала не более:

- 80 дБ/Гц – при отстройке на 1 Гц;
- 90 дБ/Гц – при отстройке на 10 Гц;
- 130 дБ/Гц – при отстройке на (85 ± 3) Гц;
- 140 дБ/Гц (- 145 дБ/Гц для исполнения АС) – при отстройке на 1 кГц;
- 145 дБ/Гц (- 150 дБ/Гц для исполнения АС) – при отстройке на 10 кГц.

1.4.15 Прибор обеспечивает формирование последовательности импульсов со следующими параметрами:

- период следования импульсов 1 с;
- полярность импульсов – положительная;
- длительность импульсов (12-20) мкс;
- длительность фронта импульсов не более 5 нс между уровнями 0,1 и 0,9 при емкости нагрузки 10 пф;
- амплитуда импульсов в соответствии с требованиями выходных спецификаций

LVTTL33 и LVCMOS33 стандарта JEDEC JESD8C.01.

1.4.16 Прибор обеспечивает синхронизацию формируемой ими последовательности секундных импульсов импульсами внешней шкалы времени с параметрами:

- период следования импульсов 1 с;
- полярность импульсов – положительная;
- длительность импульсов не менее 4 мкс;
- длительность фронта импульсов не более 0,1 мкс;
- амплитуда импульсов не менее 2,5 В на нагрузке 150 Ом.

При этом погрешность синхронизации находится в пределах $\pm 0,1$ мкс.

1.4.17 Прибор обеспечивает информационный обмен с внешним управляющим устройством через последовательный интерфейс RS-232C со следующими параметрами:

- скорость обмена – 115200 бит/с;
- формат обмена – 8 информационных бит, 1 стоп-бит, без контроля четности,

без управления потоком.

Форматы команд управления и ответных сообщений приведены в Приложении.

1.4.18 Прибор обеспечивает наличие электрического сигнала с уровнем постоянного напряжения плюс (13,0–20,0) В на контакте «КОНТРОЛЬ АПЧ» в случае выхода прибора из режима автоподстройки.

1.4.19 Прибор обеспечивает наличие электрического сигнала с уровнем постоянного напряжением плюс (9,0–15,0) В на контакте «КОНТРОЛЬ ЛАМПЫ» в режиме поджига спектрального источника.

1.4.20 Прибор обеспечивает свои технические характеристики (за исключением п.п. 4.4.3, 4.4.4, 4.4.5) в пределах норм, установленных в ТУ, по истечении времени установления рабочего режима, равного 2 ч с момента включения.

1.4.21 Прибор допускает непрерывную круглосуточную работу в рабочих условиях применения при сохранении своих технических характеристик.

Примечание. Время непрерывной работы не включает в себя время установления рабочего режима.

1.4.22 Прибор сохраняет свои технические характеристики в пределах норм, установленных в ТУ, при питании его от источника постоянного тока напряжением плюс (16,5–24,0) В и амплитудой пульсаций не более 100 мВ.

1.4.23 Мощность, потребляемая прибором от источника питания в нормальных условиях применения, не более:

30 Вт – в режиме прогрева;

16 Вт – в установившемся режиме.

1.4.24 Средняя наработка на отказ T_0 не менее 40 000 ч.

1.4.25 Гамма-процентный ресурс не менее 10 000 ч при доверительной вероятности равной 95 %.

1.4.26 Гамма-процентный срок службы не менее 15 лет при доверительной вероятности равной 95 %.

1.4.27 Гамма-процентный срок сохраняемости не менее 10 лет для отапливаемых хранилищ и 6 лет для неотапливаемых хранилищ при доверительной вероятности равной 95 %.

1.4.28 Среднее время восстановления работоспособного состояния не более 6 ч.

1.4.29 Вероятность отсутствия скрытых отказов за интервал между поверками 12 мес. при среднем коэффициенте использования 0,1 не менее 0,95.

1.4.30 Габаритные размеры в миллиметрах и масса прибора в килограммах приведены в таблице 1.3.

Таблица 1.3

Наименование и тип прибора	Без упаковки		В штатной упаковке	
	мм	кг	мм	кг
Стандарт частоты рубидиевый Ч1-1022/2	100 x 40 x 80 (*)	не более 0,65	245 x 180 x 80	не более 1,0

(*) Без учета выступающих частей винтов.

1.5 Устройство и работа прибора

1.5.1 Конструкция стандарта частоты Ч1-1022/2 включает магнитный экран выполняющий функции корпуса, дискриминатор, платы управления, умножителя и автоподстройки частоты. Основные узлы прибора размещены на печатных платах. Дискриминатор, помещенный в дополнительный магнитный экран, включает в себя резонатор с ячейкой поглощения, источник оптической накачки, фотопреобразователь и элементы термостата в виде нагревательных элементов и термодатчиков.

1.5.2 Стандарт частоты Ч1-1022/2 построен по классической схеме с использованием эффекта двойного радиооптического резонанса в атомах рубидия, при которой частота управляемого кварцевого генератора подстраивается по узкой спектральной линии поглощения атомов.

Кратковременная стабильность частоты прибора определяется параметром качества квантового дискриминатора и стабильностью кварцевого генератора и соответствует величинам порядка $(1-3) \cdot 10^{-11} / \sqrt{\tau}$ за времена усреднения $\tau = (1-100)$ с. Долговременная нестабильность частоты, характеризуемая систематическим изменением частоты прибора за один месяц, становится сравнима со стабильностью резонансной частоты атомов рубидия и реализуется на уровне $(1-5) \cdot 10^{-11}$, что на $(2-3)$ порядка лучше, чем у «свободного» (неуправляемого) кварцевого генератора.

1.5.3 Упрощённая блок-схема, приведенная на рисунке 1.2, поясняет принцип действия прибора. Сигнал кварцевого генератора с частотой 10 МГц поступает в высокочастотную часть системы автоматической подстройки частоты, где происходит его низкочастотная фазовая модуляция и умножение до частоты $f_{умн}$.

Сигнал с частотой $f_{умн}$ поступает в дискриминатор, где происходит дальнейшее умножение частоты до значения близкого к частоте f_0 линии резонансного перехода атомов рубидия.

При совпадении умноженной частоты кварцевого генератора с частотой атомного перехода f_0 в дискриминаторе выделяется сигнал $U_{out}(t)$ с частотой, кратной частоте фазовой модуляции. Напряжение первой гармоники этого сигнала $U_{out}(t)$ пропорционально величине расстройки частот, а фаза несет информацию о знаке разности частот.

Сигнал дискриминатора $U_{out}(t)$ поступает в низкочастотную часть системы автоматической подстройки частоты, где формируется напряжение $U_{упр}$, управляющее частотой кварцевого генератора. В режиме подстройки частота кварцевого генератора такова, что напряжение $U_{out}(t)$ минимально, а напряжение второй гармоники сигнала $U_{2\Omega}(t)$ максимально.

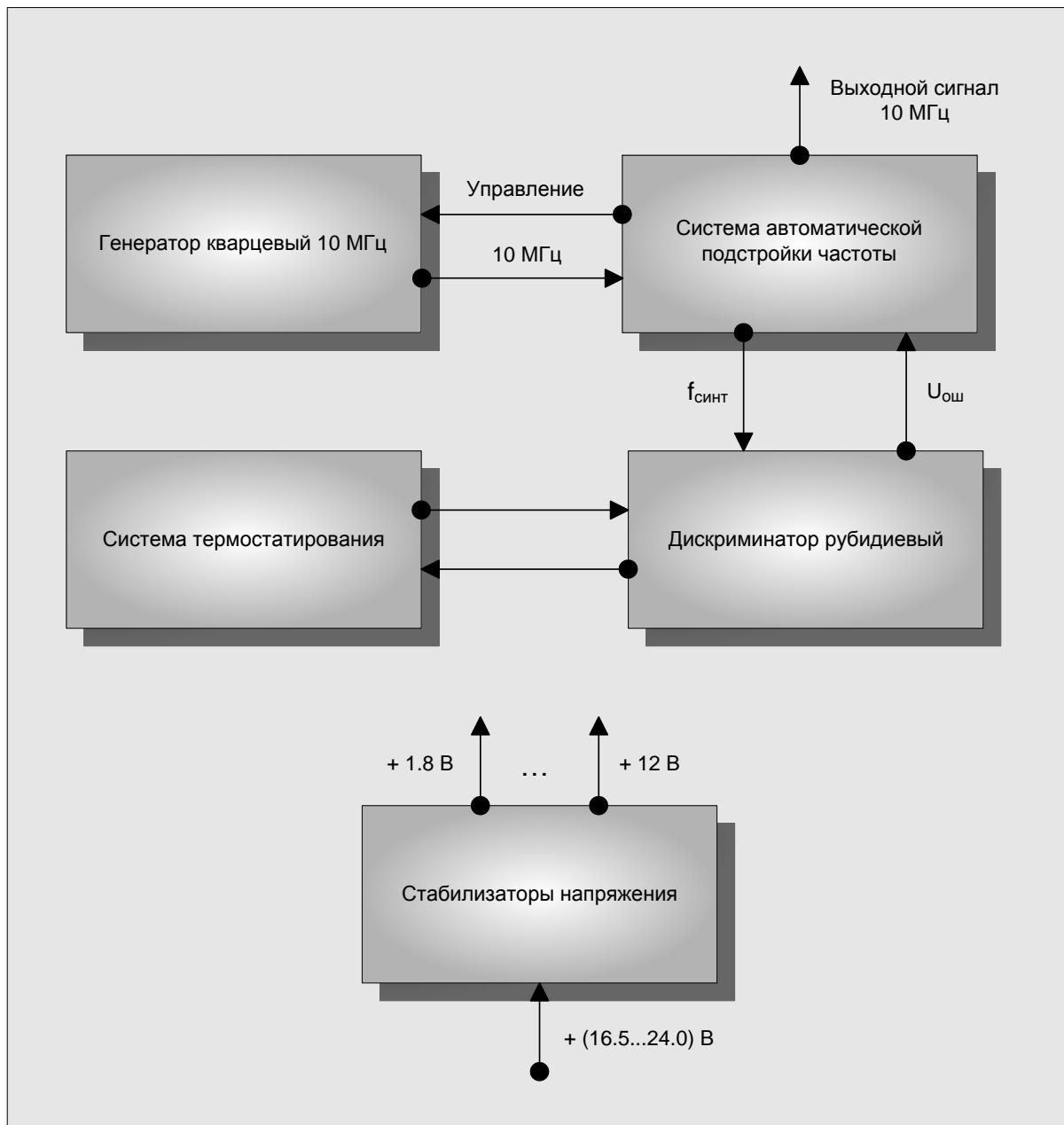


Рисунок 1.2 – Упрощенная блок-схема стандарта частоты рубидиевого Ч1-1022/2.

1.6 Описание и работа составных частей прибора

1.6.1 На рисунке 1.3 приведена подробная блок-схема стандарта частоты Ч1-1022/2.

Буферный усилитель и умножитель частоты входят в состав умножителя частоты. Предусилитель, селективный усилитель, модулятор, синхронный детектор и интегратор расположены на плате АПЧ. Усилитель и схема поиска обеспечивают автоматический поиск и захват частоты кварцевого генератора по сигналу атомного резонанса при включении прибора. Схема управления поджигом лампы предназначена для коммутации режимов работы источника оптической накачки в дискриминаторе.

1.6.2 Дискриминатор включает в себя СВЧ резонатор с ячейкой поглощения, источник оптической накачки, термодатчик, нагревательный элемент термостата и магнитную обмотку. Нагревательный элемент и термодатчик расположены на СВЧ резонаторе. Магнитная обмотка расположена на СВЧ резонаторе. СВЧ резонатор с источником оптической накачки располагается в магнитном экране. В СВЧ резонаторе размещены фотодатчик и умножительный диод.

1.6.3 Блок управления обеспечивает формирование вторичных напряжений, необходимых для работы прибора, управление обмоткой нагревателя в дискриминаторе, управление работой источника оптической накачки и формирование стабильного тока для магнитной обмотки.

1.6.4 Блок АПЧ осуществляет усиление, фильтрацию, детектирование и формирование управляющего напряжения для подстройки кварцевого генератора в системе АПЧ стандарта частоты.

1.6.5 Умножитель частоты на основе ФАПЧ с усилителем мощности на выходе, работает на умножительный диод в СВЧ резонаторе формирующий нужную гармонику умноженного сигнала.

1.6.6 Интегрированный в умножитель частоты модуль привязки частоты предназначен для формирования из сигнала кварцевого генератора частотой 10 МГц последовательности импульсов с периодом следования 1 с, измерения временного сдвига между формируемыми импульсами и импульсами внешней шкалы времени, а также вычисления на основе этих измерений поправок по частоте и изменения частоты умножителя на величину, обеспечивающую соответствующее изменение частоты прибора.

Дополнительно, на микроконтроллер модуля привязки частоты возлагаются функции по сбору телеметрической информации с узлов генератора (фототок, напряжение управления кварцевого генератора, напряжение сигнала ошибки) и передачи ее по командам через встроенный интерфейс RS-232C. Также через интерфейс передаются команды на изменение частоты прибора, запрашиваются данные временных измерений и данные о введенных поправках.

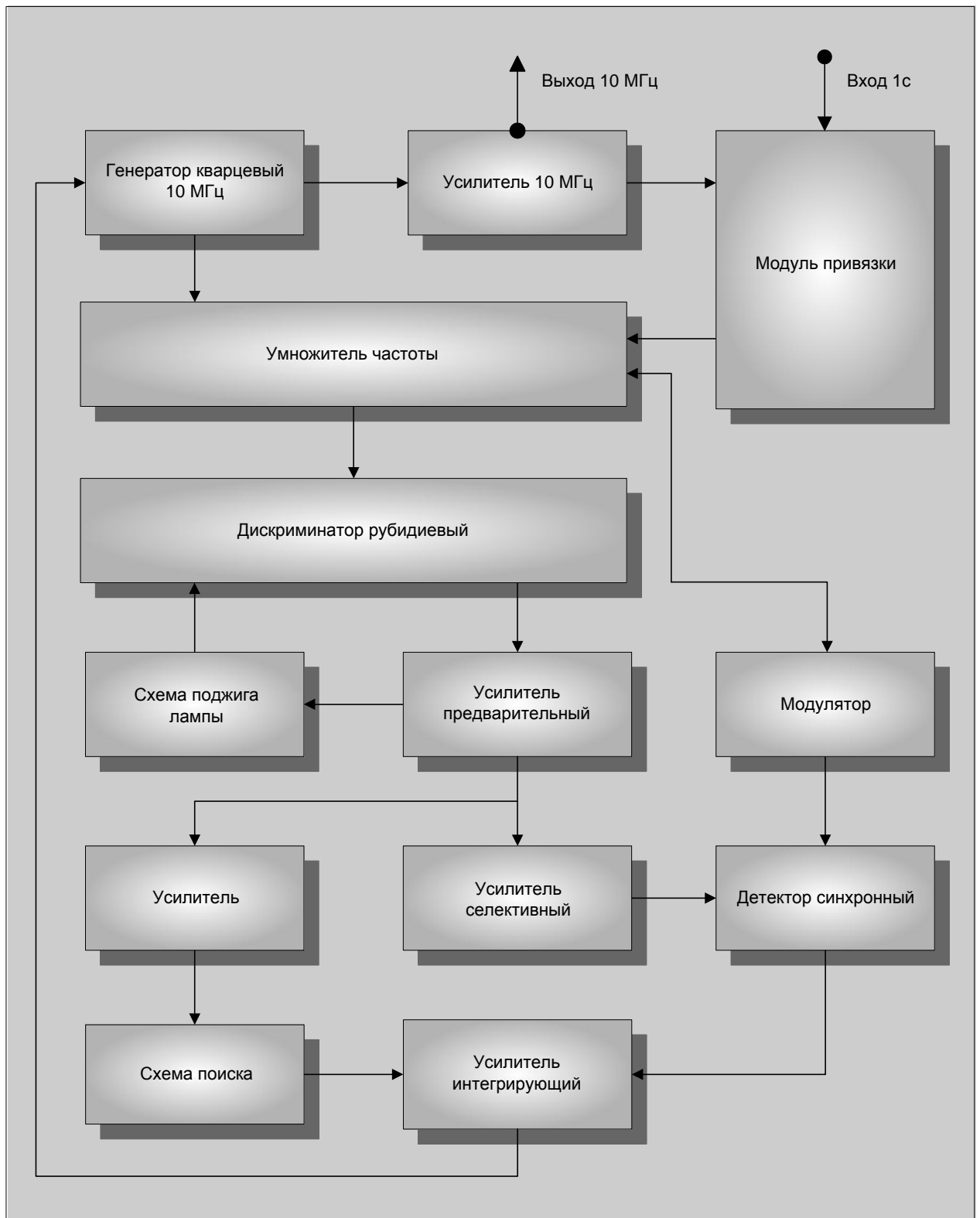


Рисунок 1.3 – Блок-схема стандарта частоты рубидиевого Ч1-1022/2.

2 Подготовка прибора к работе

2.1 Эксплуатационные ограничения

2.1.1 Недопустимо расположение прибора в непосредственной близости от источников сильных электрических и магнитных полей, таких как постоянные и электромагниты, трансформаторы, сильноточные коммутационные устройства. Сильные магнитные поля могут вызвать намагничивание экранов рубидиевого дискриминатора и, как следствие, неконтролируемый сдвиг частоты выходного сигнала.

2.2 Распаковывание и повторное упаковывание прибора

2.2.1 Распаковывание прибора производится следующим образом:

- при поставке прибора в дополнительном транспортном ящике, вскройте ящик и достаньте упаковочный лист. Удалите картонные амортизаторы и извлеките коробку с прибором из транспортного ящика;
- вскройте упаковку и извлеките прибор из полиэтиленового пакета;
- вскройте пакет с эксплуатационной документацией и извлеките содержимое;
- извлеките пакет с принадлежностями и вскройте его.

2.2.2 Упаковка прибора перед транспортированием производится следующим образом:

- поместите прибор в полиэтиленовый пакет и заклейте свободный край липкой лентой, поместите прибор в коробку;
- поместите принадлежности в полиэтиленовый пакет и заклейте свободный край липкой лентой, поместите пакет с принадлежностями в нишу коробки;
- эксплуатационную документацию поместите в полиэтиленовый пакет, свободный край которого заклейте липкой лентой, пакет уложите в коробку с прибором;
- установите амортизаторы в транспортный ящик и уложите на них коробку с прибором;
- проконтролируйте отсутствие свободных перемещений прибора внутри упаковки, при необходимости уплотните свободное пространство гофрированным картоном;
- поместите в транспортный ящик упаковочный лист на верхнюю прокладку под водонепроницаемую обивку верхней крышки ящика;
- закрепите верхнюю крышку транспортного ящика, и опломбируйте его.

2.3 Порядок установки прибора

2.3.1 Перед началом эксплуатации прибора произведите внешний осмотр. При внешнем осмотре необходимо проверить:

- сохранность пломб;
- отсутствие видимых механических повреждений;
- чистоту внешних поверхностей прибора, гнезд и разъемов.

2.3.2 Проверьте комплектность прибора в соответствии с разделом 1.3 настоящего руководства.

2.3.3 Разместите прибор на рабочем месте, обеспечив удобство работы и нормальные условия для естественной вентиляции. Примите меры по отводу тепла с основания прибора. Не допускайте выхода температуры основания прибора за пределы, указанные в таблице 1.1.

2.3.4 При использовании прибора в качестве встраиваемого необходимо плотно, без зазоров, привернуть его к основанию блока, в составе которого он будет работать, используя крепежные отверстия в нижней части кожуха винтами М3 и длиной не более (5.0 + L) мм, где L – толщина основания радиотехнического устройства.

2.4 Подготовка к работе

2.4.1 Перед началом эксплуатации внимательно изучите руководство по эксплуатации прибора.

2.4.2 После длительного хранения проведите внешний осмотр, опробование, а затем проверку метрологических параметров прибора согласно разделу 4 настоящего руководства. После пребывания прибора в предельных условиях перед включением выдержите прибор в нормальных условиях в течение 2 ч.

2.4.3 Смонтируйте соединительный кабель для подключения прибора, используя ответный разъем DB-9F из комплекта поставки прибора, в соответствии с таблицей 3.2 или используйте плату расширения РУГА.468350.005 (поставляется по заказу).

2.4.4 Подключите кабель к интерфейсу радиотехнического устройства, в составе которого в дальнейшем будет работать стандарт частоты Ч1-1022/2.

2.4.5 Питание прибора осуществляется от внешнего источника постоянного стабилизированного напряжения плюс (16,5–24,0) В с пульсациями не более 100 мВ при токе включения до 2 А в режиме прогрева и до 0,9 А в рабочем режиме. Источник питания должен обеспечивать монотонный, без провалов и выбросов, рост напряжения питания при включении и монотонное снижение напряжения при выключении.

ВНИМАНИЕ! В процессе работы температура основания прибора не должна превышать плюс 70 °С.

3 Порядок работы

3.1 Меры безопасности при работе с прибором

3.1.1 Подавать напряжение питания на прибор можно только тогда, когда все внешние цепи питания, контроля и индикации подключены к прибору.

3.2 Органы управления, подключения и индикации

3.2.1 Стандарт частоты рубидиевый Ч1-1022/2 предназначен как для непрерывной круглосуточной работы в автономном режиме, так и в сеансовом режиме с выключением.

Возможны режимы ручного и дистанционного управления частотой прибора.

3.2.2 Расположение органов управления и присоединительных разъемов прибора показано на рисунке 3.1. Назначение органов управления и присоединительных разъемов с указанием маркировки приведено в таблице 3.1.

Таблица 3.1

Позиция на рисунке 6.1	Маркировка	Назначение
1	« \odot 10 МГц»	Разъем. Выход синусоидального сигнала 10 МГц.
2		Шлиц потенциометра «коррекция частоты».
3		Низкочастотный разъем. Питание прибора, контроль работы, дистанционное управление частотой.

Назначение контактов НЧ разъёма с указанием маркировки на шильдике прибора приведено в таблице 3.2.

Таблица 3.2

Номер контакта	Маркировка	Назначение
1	«Питание + (16,5-24) В»	Плюс источника питания прибора + (16,5–24,0) В.
2	«Корпус»	Корпус прибора. Минус источника питания прибора.
3	«Контроль АПЧ» (отказ)	Индикация работоспособности прибора. Уровни напряжения: (0–0,4) В – рабочий режим; + (13,0–20,0) В – нерабочий режим.
4	«Контроль лампы»	Контроль спектральной лампы. Уровни напряжения: (0–0,4) В – рабочий режим; + (9,0–15,0) В – нерабочий режим.
5	«Вход 1с»	Вход сигнала внешней шкалы времени.
6	«Выход 1с»	Выход сигнала меток времени с периодом следования 1с, формируемых прибором.
7	«RxD (RS-232C)»	Линия приёма данных интерфейса RS-232C.
8		Не используется.
9	«TxD (RS-232C)»	Линия передачи данных интерфейса RS-232C.

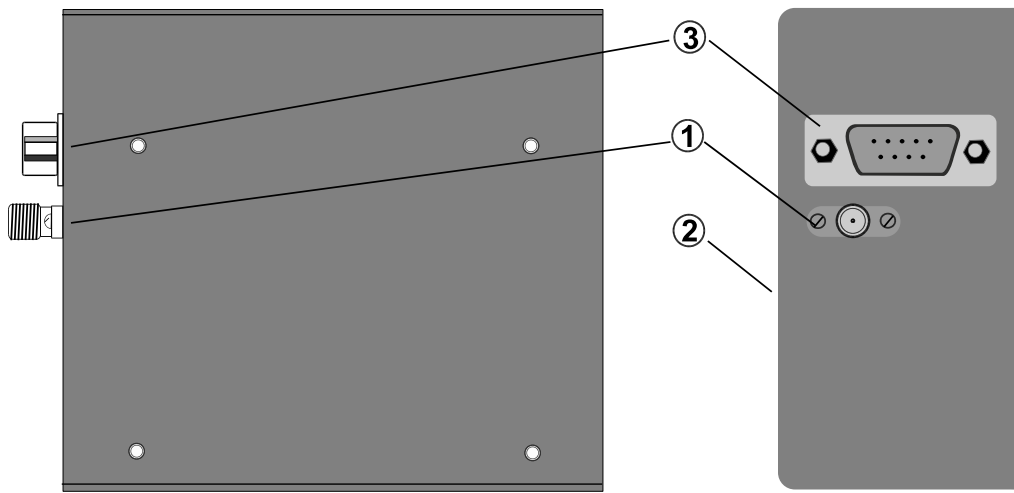


Рисунок 3.1 – Расположение органов управления и соединительных разъемов стандарта частоты рубидиевого Ч1-1022/2.

3.3 Подготовка к проведению измерений

3.3.1 Убедитесь в том, что условия эксплуатации прибора соответствуют условиям, приведенным в таблице 1.1.

3.3.2. Проверка функционирования прибора производится путём измерения напряжений на контактах 3 и 4 НЧ разъёма и сравнения их с величинами, приведёнными в таблице 3.2.

Сразу же после включения прибора уровень постоянного напряжения плюс (9,0–15,0) В на контакте 4 низкочастотного разъёма индицирует отсутствие ВЧ разряда в спектральной лампе. После появления ВЧ разряда в спектральной лампе (через 1–2 мин после включения прибора) уровень напряжения на контакте 4 снижается до (0–0,4) В.

После включения прибора на контакте 3 низкочастотного разъёма устанавливается уровень постоянного напряжения плюс (13,0–20,0) В, что индицирует отсутствие сигнала атомного резонанса и неготовность прибора к измерениям. Через 5 мин после включения прибора в нормальных условиях уровень напряжения на контакте 3 снижается до (0–0,4) В, что говорит о нормальной работе прибора.

ВНИМАНИЕ! Если через 5 мин после включения прибора в нормальных условиях уровень напряжения на контакте 3 не снижается до (0–0,4) В или в процессе непрерывной работы на контакте 3 появляется постоянное напряжение плюс (13,0–20,0) В, то это может говорить о неисправности прибора.

3.4 Проведение измерений

3.4.1 Подайте напряжение питания на прибор.

3.4.2 Прогрейте прибор в течение необходимого времени. Помните, что время прогрева увеличивается с понижением температуры и напряжения питания. После этого прибор можно использовать как источник опорного сигнала. Для проведения измерений с высокой точностью следует прогреть прибор в течение 2 ч.

3.4.3 Приобретенный Вами прибор имеет цифровую систему управления и контроля (мониторинга) параметров. Это означает, что в любой момент времени Вы можете получить исчерпывающую информацию о состоянии прибора, изменить его частоту отправив соответствующую команду через интерфейс прибора (перечень команд и ответных сообщений приведен в Приложении). Вы также можете воспользоваться в этих целях разработанным нами программным обеспечением, которое находится на компакт-диске, входящем в комплект поставки прибора, в каталоге /Soft. Данное программное обеспечение реализует все возможные для потребителя интерфейсные функции. Оно не нуждается в установке и может быть запущено непосредственно с компакт-диска или скопировано на жесткий диск компьютера.

3.4.4 Приобретенный Вами прибор позволяет изменять частоту выходного сигнала в диапазоне $\pm 1 \cdot 10^{-8}$ с шагом $1 \cdot 10^{-12}$ цифровым способом. Для этого в составе прибора имеется регистр частоты длиной в четыре десятичных разряда со знаком (± 9999 шагов). При выпуске прибора в регистр частоты заносится нулевое значение и изменением магнитного поля дискриминатора с помощью потенциометра (поз. 2 рис. 3.1) устанавливается отклонение частоты прибора не более $\pm 2 \cdot 10^{-11}$ от номинального значения. Вы можете в своих целях изменить частоту выходного сигнала прибора занесением в регистр частоты соответствующего значения. Помните, что значение младшего значащего разряда соответствует относительному отклонению $1 \cdot 10^{-12}$. Мы не рекомендуем использовать потенциометр установки магнитного поля дискриминатора для изменения частоты выходного сигнала прибора вне процедуры калибровки (п. 4.3.4.1).

3.4.5 Приобретенный Вами прибор формирует на контакте 6 низкочастотного разъема (поз. 3 рис. 3.1) импульсную последовательность (метки времени) с периодом следования 1 с. Данная последовательность автоматически синхронизируется с такой же внешней последовательностью, поданной на контакт 5 того же разъема. При этом погрешность синхронизации составляет ± 100 нс. Синхронность формируемых и внешних меток времени будет автоматически поддерживаться в диапазоне ± 1 мкс все время наличия внешнего сигнала. Вы в любое время можете восстановить синхронность меток времени, подав соответствующую команду через интерфейс прибора.

3.4.6 Прибор обладает функцией дисциплинированного стандарта частоты, то есть способен автоматически корректировать частоту выходного сигнала 10 МГц по импульсному сигналу (метке времени) с периодом следования 1 с, поданному на контакт 5 низкочастотного разъема. Если источником внешнего сигнала 1 с является приемник спутниковых навигационных систем GPS/ГЛОНАСС/BeiDou, то частота прибора будет автоматически установлена равной частоте одного из известных мировых эталонов частоты в зависимости от настроек приемника. Вы также можете подать сигнал 1 с с эталона частоты и времени более высокого уровня и воспользоваться этим механизмом для калибровки Вашего прибора по частоте. Процесс корректировки частоты прибора по частоте внешнего эталона посредством сигнала меток времени называется «привязкой». Процесс привязки начинается сразу по завершении прогрева прибора при наличии внешнего сигнала меток времени на контакте 5 низкочастотного разъема. В процессе привязки производятся с высокой точностью измерения временных сдвигов между формируемыми прибором и внешними метками времени и затем на основе этих измерений по специальному алгоритму вычисляются поправки по частоте. По завершении цикла измерений и достижении необходимой точности поправки автоматически заносятся в регистр частоты прибора. Таким образом, в процессе привязки содержимое регистра частоты прибора будет постоянно изменяться, компенсируя изменение частоты прибора вследствие воздействия различных факторов.

3.4.7 Известно, что сигнал меток времени, поданный с приемника спутниковых навигационных систем, может иметь различную стабильность в зависимости от условий приема, количества видимых спутников, настроек и качества самого приемника. Кроме этого, сигналы навигационных систем могут быть целенаправленно ухудшены. В таких случаях время, необходимое для получения временной информации с необходимой точностью, существенно увеличивается. Приобретенный Вами прибор оснащен системой динамической оценки стабильности сигнала внешней метки времени. Она автоматически удлиняет продолжительность цикла измерений (время между смежными коррекциями частоты) в случае снижения стабильности меток времени и, соответственно, сокращает его в противном случае. Минимальное время до первой коррекции частоты составляет около 40 мин, при условии получения меток времени непосредственно от высокостабильного эталона частоты и времени. В случае очень низкой стабильности меток времени, выражающейся в пропадании импульсов, больших временных отклонениях, процесс привязки может не завершиться. Проведенные в процессе привязки коррекции частоты сохраняются в оперативной памяти прибора до выключения питания. Всего прибор запоминает 250 последних значений, которые можно увидеть, подав соответствующую команду через интерфейс прибора. При выключении питания эти значения теряются, но состояние регистра частоты запоминается в энергонезависимой памяти прибора и воспроизводится при следующем включении.

4 Проверка характеристик прибора

4.1 Операции и средства проверки

При проведении проверки должны быть выполнены операции и применены средства проверки, указанные в таблице 4.1.

Таблица 4.1

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Рекомендуемое средство поверки (наименование, тип)	Основные технические характеристики средства поверки
1	2	3	4
1 Внешний осмотр	4.3.2		
2 Проверка функционирования прибора	4.3.3	Вольтметр универсальный В7-38	Диапазон измерения напряжения от 0 до 20 В Погрешность $\pm 1\%$
3 Проверка метрологических характеристик прибора:	4.3.4		
- относительной погрешности по частоте выходного сигнала 10 МГц	4.3.4.1	Стандарт частоты и времени водородный Ч1-1007 Компаратор частотный ЧК7-1011	Нестабильность частоты за 10 с $2 \cdot 10^{-13}$ Погрешность измерения за 10 с $\pm 5 \cdot 10^{-13}$
- систематического относительного изменения частоты за 1 месяц непрерывной работы	4.3.4.2	Стандарт частоты и времени водородный Ч1-1007 Компаратор частотный ЧК7-1011	Нестабильность частоты за 1 сутки $4 \cdot 10^{-15}$ Погрешность измерения за 10 с $\pm 5 \cdot 10^{-13}$
- относительной погрешности по частоте за 1 сутки	4.3.4.3	Стандарт частоты и времени водородный Ч1-1007 Компаратор частотный ЧК7-1011	Нестабильность частоты за 1 сутки $4 \cdot 10^{-15}$ Погрешность измерения за 10 с $\pm 5 \cdot 10^{-13}$

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4
- среднеквадратиче- ского относительного двухвыборочного от- клонения частоты за 1 с, 10 с и 100 с	4.3.4.4	Стандарт частоты и времени водородный Ч1-1007 Компаратор частотный ЧК7-1011	Нестабильность частоты за 1 с $5 \cdot 10^{-13}$ за 10 с $2 \cdot 10^{-13}$ за 100 с $7 \cdot 10^{-14}$ Погрешность измерения за 1 с $\pm 2 \cdot 10^{-12}$ за 10 с $\pm 5 \cdot 10^{-13}$
- среднеквадратиче- ского значения напряже- ния выходного сигнала	4.3.4.5	Милливольтметр цифровой ВЗ-52/1	Диапазон напряжений от 3 мВ до 300 В, погрешность $\pm 4 \%$

Примечание:

При проверке характеристик прибора могут быть применены другие средства измерений, обеспечивающие измерение контролируемых параметров с требуемой точностью.

4.2 Условия проверки и подготовка к ней

4.2.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающей среды, $^{\circ}\text{C}$ $+ 20 \pm 2$;
- относительная влажность воздуха, % 30–80;
- атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.) 84-106 (630-795);
- напряжение питания, В $+ 18,0 \pm 0,2$.

4.2.2 Подготовить прибор к проверке в соответствии с разделами 2.4 и 3.3 настоящего руководства.

4.3 Проведение проверки

4.3.1 Проверка прибора проводится в соответствии с перечнем и последовательностью операций, приведенных в таблице 4.1.

4.3.2 При проведении внешнего осмотра необходимо установить соответствие прибора следующим требованиям:

- комплектность прибора должна соответствовать таблице 1.2;
- соответствие внешнего вида прибора требованиям раздела 2.3.1;
- надписи на шильдике прибора должны соответствовать таблице 3.2.

Приборы, имеющие дефекты, бракуются и направляются в ремонт.

4.3.3 Проверку функционирования прибора проводят в соответствии с разделом 3.3.2 настоящего руководства для оценки его исправности. Неисправные приборы бракуются и направляются в ремонт.

4.3.4 Проверка метрологических характеристик прибора

4.3.4.1 Определение относительной погрешности по частоте выходного сигнала 10 МГц проводят при подключении приборов согласно схеме, приведенной на рисунке 4.1.

При этом на компараторе частотном ЧК7-1011 устанавливают следующие параметры измерений: время усреднения – 10 с, длительность цикла измерений – 200, частота входного сигнала – 10 МГц. В регистр частоты проверяемого прибора заносят нулевое значение. Производят измерение среднего значения относительной разности частот выходных сигналов прибора и стандарта частоты и времени Ч1-1007.

Результаты проверки считают удовлетворительными, если полученное значение относительной погрешности по частоте при выпуске не выходит за пределы $\pm 2 \cdot 10^{-11}$.

В случае неудовлетворительного результата необходимо провести коррекцию частоты прибора потенциометром «коррекция частоты» (поз. 2 рис. 3.1) до получения требуемого значения относительной погрешности по частоте и повторить измерения по вышеприведенной методике.

4.3.4.2 Определение систематического относительного изменения частоты за 1 месяц проводят при подключении приборов согласно схеме, приведенной на рисунке 4.1.

При этом на компараторе частотном ЧК7-1011 устанавливают следующие параметры измерений: время усреднения – 3600 с, длительность цикла измерений – 1000, частота входного сигнала – 10 МГц.

Измерения проводят через 72 ч после включения прибора в течение 11 суток.

Измерения проводят каждый час и по результатам определяют среднее значение относительной разности частот за 1 сутки по формуле

$$\frac{\overline{\Delta f}}{f_0} = \frac{\sum_{i=1}^{24} \frac{\Delta f_i}{f_0}}{24}.$$

По результатам измерений среднего значения относительной разности частот прибора и стандарта частоты и времени Ч1-1007 за каждые сутки вычисляют среднее относительное изменение частоты за 1 сутки ν по формуле

$$\nu = \frac{6}{n(n-1)} \cdot \sum_{i=1}^n \left(\frac{2i}{n+1} - 1 \right) \cdot \frac{\overline{\Delta f_i}}{f_0},$$

где n – число суток, в течение которых проводились измерения,

$\frac{\overline{\Delta f_i}}{f_0}$ – средняя относительная разность частот в i -ые сутки.

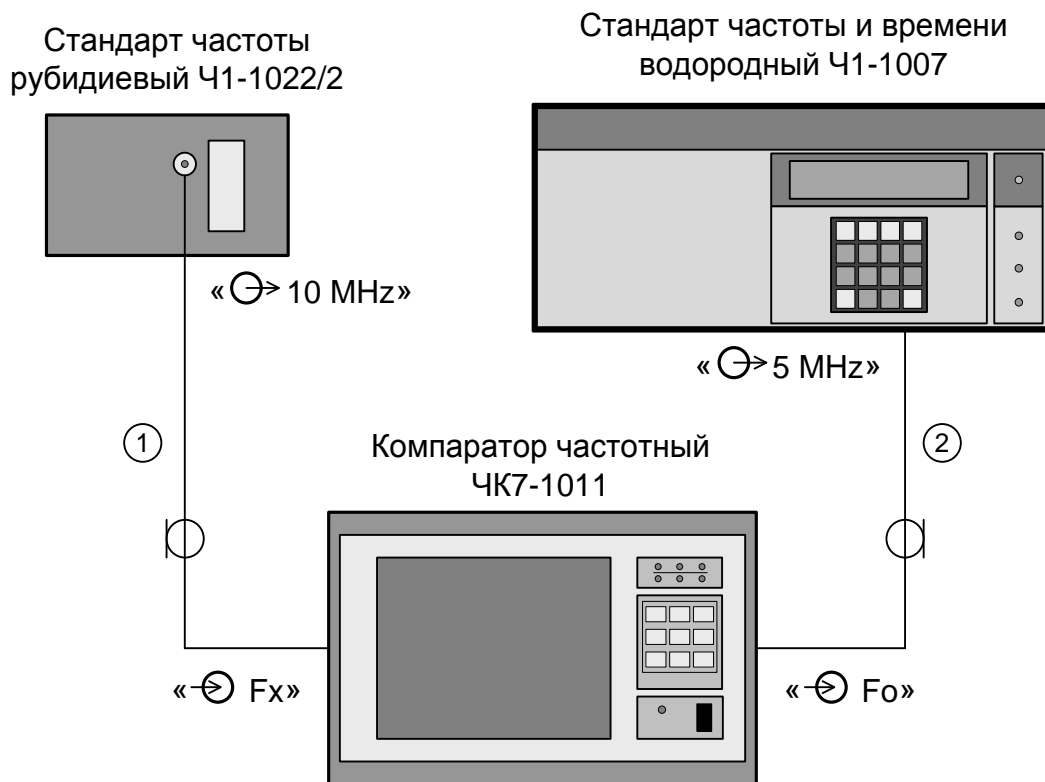


Рисунок 4.1 – Схема электрическая подключения приборов для определения относительной погрешности по частоте выходного сигнала, систематического относительного изменения частоты за 1 месяц и среднеквадратического относительного двухвыборочного отклонения частоты за 1 с, 10 с и 100 с.

1 – ВЧ кабель РУГА.685671.363. Входит в состав комплекта Ч1-1022/2.

2 – ВЧ кабель РУГА.685661.003-01. Входит в состав комплекта ЧК7-1011.

Систематическое относительное изменение частоты за 1 месяц $\nu_{\text{мес}}$ определяют по результатам измерения среднего относительного изменения частоты за 1 сутки ν в соответствии с выражением $\nu_{\text{мес}} = 30\nu$.

Результаты проверки считают удовлетворительными, если полученное значение относительного изменения частоты за 1 месяц не выходит за пределы $\pm 5,0 \cdot 10^{-11}$.

В случае неудовлетворительного результата продолжить измерения до 30 суток.

4.3.4.3 Проверку относительной погрешности по частоте за 1 сутки проводят в режиме автоматической корректировки частоты по сигналу внешней шкалы времени при подключении приборов согласно схеме, приведенной на рисунке 4.2.

Измерения проводят через 24 ч после включения прибора в течение 11 суток.

Определяют средние значения относительной погрешности по частоте за каждые сутки аналогично методике, изложенной в п. 4.3.4.2.

Результаты проверки считают удовлетворительными, если полученные значения относительной погрешности по частоте за 1 сутки не выходят за пределы $\pm 1 \cdot 10^{-11}$.

4.3.4.4 Определение среднеквадратического относительного двухвыборочного отклонения частоты за 1 с, 10 с и 100 с проводят при подключении приборов согласно схеме, приведенной на рисунке 4.1.

При этом на компараторе частотном ЧК7-1011 устанавливают следующие параметры измерений: время усреднения – 1 с, длительность цикла измерений – 2000, частота входного сигнала – 10 МГц.

Результаты проверки считают удовлетворительными, если полученные значения среднеквадратического относительного двухвыборочного отклонения частоты не превышают значений, указанных в п. 1.4.6.

4.3.4.5 Определение среднеквадратического значения напряжения выходного сигнала проводят путем измерения напряжения на ВЧ разъеме прибора (поз. 1 рис. 3.1) при помощи милливольтметра ВЗ-52/1 на подключенной нагрузке 50 Ом.

Результаты проверки считают удовлетворительными, если полученное значение напряжения выходного сигнала находится в пределах (0,6–1,2) В.

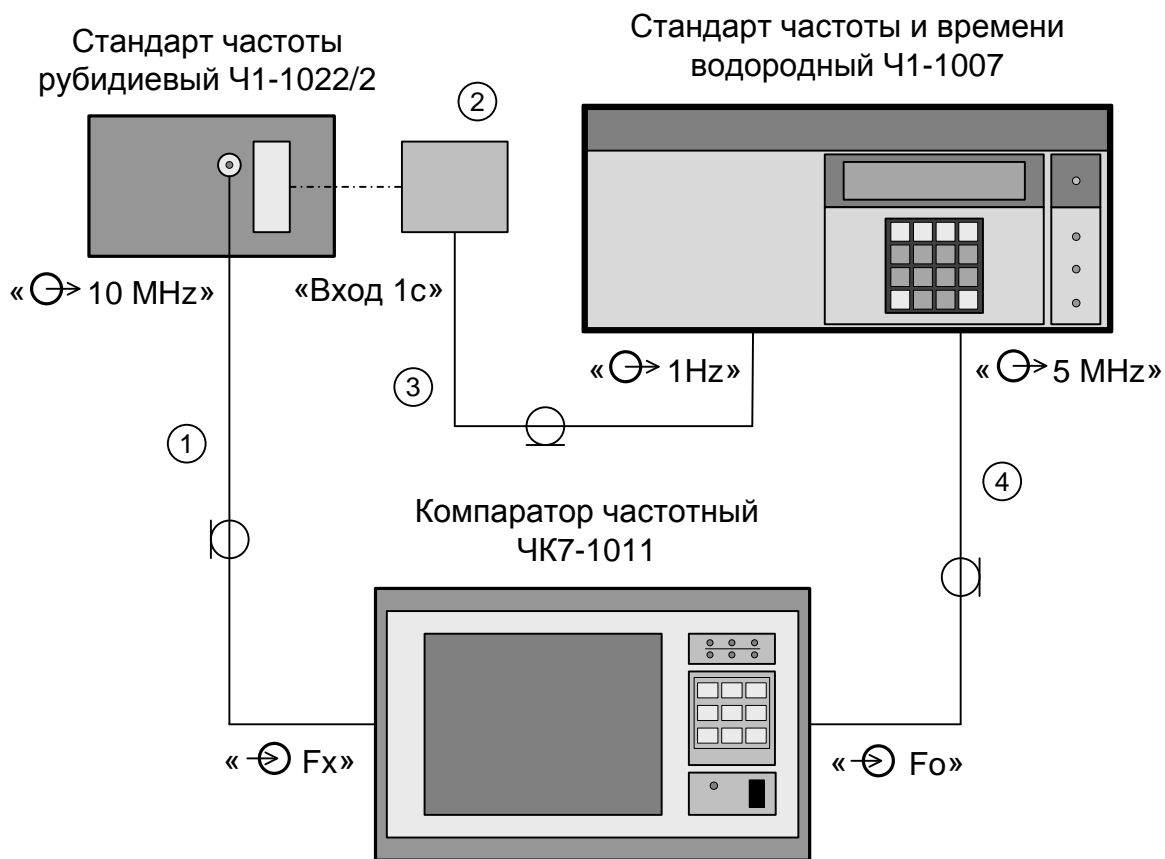


Рисунок 4.2 – Схема электрическая подключения приборов для проверки относительной погрешности по частоте за 1 сутки.

1 – ВЧ кабель РУГА.685671.363. Входит в состав комплекта Ч1-1022/2.

2 – плата расширения РУГА.468350.005 (поставляется по заказу).

3 – ВЧ кабель РУГА.685671.363 (поставляется по заказу).

4 – ВЧ кабель РУГА.685661.003-01. Входит в состав комплекта ЧК7-1011.

5 Хранение

5.1 Прибор должен храниться в закрытом складском помещении на стеллаже в упакованном виде при отсутствии в воздухе пыли, кислотных, щелочных и других агрессивных примесей при температуре окружающей среды от 0 до плюс 70 °С и относительной влажности воздуха до 80 % при температуре 25 °С. Допускается непродолжительное (до десяти суток) хранение прибора при температуре окружающей среды от минус 55 до плюс 70 °С и относительной влажности воздуха до 95 %.

6 Транспортирование

6.1 Допускается транспортирование прибора в упаковке всеми видами транспорта при температуре окружающей среды от минус 55 до плюс 70 °С и относительной влажности воздуха до 95 % при температуре 30 °С.

6.2 При транспортировании прибора должна быть предусмотрена защита от попадания атмосферных осадков и пыли.

6.3 Перед транспортированием производится упаковка прибора в соответствии с разделом 2 настоящего руководства.

Приложение

Форматы команд управления и ответных сообщений
при информационном обмене прибора с внешним управляющим устройством

Таблица П.1

№ п/п	Код команды	Ответное сообщение	Описание команды
1	Azxxxx	F_zxxxx<CR>	Absolute. Занесение кода, содержащегося в команде, непосредственно в регистр частоты прибора. Ответное сообщение возвращает новое состояние регистра частоты.
2	Czxxxx	F_zxxxx<CR>	Correction. Изменение состояния регистра частоты прибора на значение кода, содержащегося в команде. Ответное сообщение возвращает новое состояние регистра частоты.
3	D	D_*xxx<CR>	Dump. Запрос последнего значения измерений. Символ звездочки в третьей позиции ответного сообщения означает, что значение измерения не обновлялось с момента последнего запроса.
4	d	d_zxxxx_...zxxxx<CR>	dump. Запрос текущего массива коррекций.
5	R	R_!<CR>	Reset. Сброс (обнуление) текущего массива проведенных коррекций.
6	E	E_zxxxx_zxxxx_xxxx<CR>	Evaluation. Запрос последней (первое поле) и предварительной оценки следующей (второе поле) коррекции частоты на основании текущего массива измерений. Третье поле содержит количество элементов (длину) текущего массива измерений.
7	f	F_zxxxx<CR>	Frequency. Запрос текущего состояния регистра частоты прибора.
8	n	N_xxx<CR>	Number. Запрос заводского серийного номера прибора.
9	S	S_!<CR> / S_?<CR>	Synchronization. Синхронизация секундной метки прибора с внешней секундной меткой. При отсутствии сигнала внешней секундной метки синхронизация не проводится и возвращается сообщение S_?<CR> .

Продолжение таблицы П.1

№ п/п	Код команды	Ответное сообщение	Описание команды
10	t	t_zxx<CR>	temperature. Запрос температуры внутри прибора. Ответное сообщение возвращает значение температуры внутри прибора в градусах Цельсия.
11	V	V_xx_xx_xx_xx_bbbbbbb<CR>	Value. Запрос значений контролируемых параметров прибора. Ответное сообщение возвращает в процентах от максимального значения напряжение сигнала ошибки, напряжение управления кварцевого генератора, напряжение термостата, фототок и семь битовых параметров: состояние лампы (1 - не горит; 0 - горит), состояние АПЧ (1 - нет захвата; 0 - захват), состояние ФАПЧ (1 - отказ; 0 - норма), наличие внешней секундной метки (1 - нет; 0 - есть), привязка по частоте (1 - не произведена; 0 - произведена), режим отладки (1 - включен, 0 - отключен), система термокомпенсации (1 - отключена, 0 - включена). Для всех битовых параметров нулевое значение означает нормальную работу.
12	W	W_xxx_xxx.x<CR>	Work. Опрос счетчика наработки прибора. Ответное сообщение возвращает с точностью до десятых долей часа содержимое счетчика наработки прибора.
13	v	v_xx.xx.xxxx<CR>	version. Запрос номера версии (даты выпуска) микропрограммного обеспечения.

Примечание. Все сообщения передаются и принимаются в символах ASCII, где «_» – символ пробела (20h); z – пробел или знак минуса; x – число от 0 до 9; b – двоичный параметр (0 или 1); <CR> – символ возврата каретки (0Dh).