

6683111013

код продукции

Утвержден

РУГА.411653.003 РЭ-ЛУ



**Стандарт частоты рубидиевый**  
**Ч1-1013**

Руководство по эксплуатации

РУГА.411653.003 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	Нормативные ссылки.....	4
2	Определения, обозначения и сокращения .....	5
3	Требования безопасности.....	6
4	Описание прибора и принципа его работы .....	7
4.1	Назначение.....	7
4.2	Условия эксплуатации .....	7
4.3	Состав комплекта прибора .....	9
4.4	Технические характеристики .....	10
4.5	Устройство и работа прибора .....	12
4.6	Описание и работа составных частей прибора .....	15
5	Подготовка прибора к работе .....	19
5.1	Эксплуатационные ограничения .....	19
5.2	Распаковывание и повторное упаковывание прибора.....	19
5.3	Порядок установки прибора.....	20
5.4	Подготовка к работе.....	20
6	Порядок работы.....	23
6.1	Меры безопасности при работе с прибором.....	23
6.2	Органы управления, подключения и индикации .....	23
6.3	Подготовка к проведению измерений.....	25
6.4	Проведение измерений .....	26
7	Поверка прибора .....	27
7.1	Общие сведения .....	27
7.2	Операции и средства поверки .....	27
7.3	Условия поверки и подготовка к ней .....	28
7.4	Проведение поверки .....	29
7.5	Оформление результатов поверки.....	32
8	Техническое обслуживание .....	34
9	Текущий ремонт.....	36
9.1	Общие положения .....	36
9.2	Меры безопасности при ремонте.....	36
9.3	Указания по устранению неисправностей.....	36
10	Хранение.....	38
11	Транспортирование.....	39
12	Маркирование и пломбирование.....	40

Настоящее руководство по эксплуатации (РЭ) предназначено для ознакомления с устройством и принципом работы стандарта частоты рубидиевого Ч1-1013 (далее – прибор) и содержит описание порядка подготовки прибора к работе, работы с ним, его поверки, технического обслуживания, упаковки, хранения, транспортирования и текущего ремонта.

Руководство по эксплуатации РУГА.411653.003 РЭ включает в себя технические характеристики, описание принципа действия и конструкции прибора, указания по эксплуатации и техническому обслуживанию, методику поверки, порядок устранения неисправностей.

Изготовитель ведёт постоянную работу по совершенствованию изделия, поэтому в его конструкции возможны незначительные отклонения от документации, не ухудшающие его технических характеристик.

#### **ВНИМАНИЕ!**

Сохраняйте упаковку прибора до конца его гарантийного срока!

Отсылать прибор изготовителю для гарантийного ремонта при выходе его из строя в период гарантийного срока следует в упаковке изготовителя.

## 1 Нормативные ссылки

В настоящем руководстве по эксплуатации использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 22261-94 Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия;

ГОСТ 12.2.091-2012 Безопасность электрического оборудования для измерения, управления и лабораторного применения. Часть 1. Общие требования;

ПР 50.2.006-94 ГСИ. Порядок проведения поверки средств измерений;

ГОСТ 17299-87 Спирт этиловый. Технические условия.

## 2 Определения, обозначения и сокращения

АПЧ – автоматическая подстройка частоты;

ВЧ – высокочастотный;

ЕТО – ежедневное техническое обслуживание;

КГ – кварцевый генератор;

НЧ – низкочастотный;

ОТК – отдел технического контроля;

РЭ – руководство по эксплуатации;

СВЧ – сверхвысокочастотный;

СИ – средства измерений;

ТО – техническое обслуживание;

ТУ – технические условия;

УХЛ – умеренно холодное.

### 3 Требования безопасности

3.1 По требованиям безопасности приборы соответствуют ГОСТ 12.2.091 категория измерения II, степень загрязнения 2.

3.2 Максимальное используемое напряжение – постоянное напряжение плюс 28 В.

3.3 Замена деталей должна производиться только при обесточенном приборе.

## 4 Описание прибора и принципа его работы

### 4.1 Назначение

4.1.1 Стандарт частоты рубидиевый Ч1-1013 может быть использован в качестве источника высокостабильного сигнала в аппаратуре измерения частоты и времени, в системах навигации, телефонной и радиосвязи, в телекоммуникационных сетях. Малые габариты, вес, потребляемая мощность, время выхода в рабочий режим позволяют широко использовать их в различных мобильных радиотехнических системах и комплексах.

Внешний вид прибора приведен на рисунке 4.1.

4.1.2 Основные области применения: средства измерения частоты и времени, системы связи и навигации, телекоммуникационные сети.

### 4.2 Условия эксплуатации

4.2.1 По условиям эксплуатации приборы относятся к группе 3 ГОСТ 22261 с диапазоном рабочих температур окружающей среды от 0 до плюс 50 °С.

Нормальные и рабочие условия применения прибора приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1

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)	≐ 24 ± 0,2
Рабочие	от 0 до + 50	30–90	70–106,7 (525–800)	≐ (22–28)

Предельные условия транспортирования прибора:

- температура окружающей среды от минус 25 до плюс 55 °С;
- относительная влажность воздуха до 95 % при 25 °С.

4.2.2 Прибор сохраняет свои технические характеристики в пределах норм, указанных в п.п. 4.4.1–4.4.13, в рабочих условиях эксплуатации, а также после пребывания в предельных условиях с последующей выдержкой в нормальных или рабочих условиях в течение 2 ч.



Рисунок 4.1 – Внешний вид стандарта частоты рубидиевого Ч1-1013.



## 4.3 Состав комплекта прибора

Состав комплекта поставки прибора приведен в таблице 4.2.

Таблица 4.2

Наименование, тип	Обозначение	Количество	Примечание
1 Стандарт частоты рубидиевый Ч1-1013	РУГА.411653.003	1	
2 Кабель соединительный ВЧ	РУГА.685671.362	1	
3 Розетка DB-9F	—	1	
4 Руководство по эксплуатации	РУГА.411653.003 РЭ	1	
5 Формуляр	РУГА.411653.003 ФО	1	
6 Упаковка	РУГА.411915.120	1	

#### 4.4 Технические характеристики

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

4.4.1 Номинальное значение частоты выходного сигнала 10 МГц.

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

- при выпуске  $\pm 2 \cdot 10^{-11}$ ;
- в интервале между поверками  $\pm 1,2 \cdot 10^{-10}$ .

4.4.3 Относительная погрешность воспроизведения частоты от включения к включению (через 24 ч после включения) не более  $2 \cdot 10^{-11}$ .

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

4.4.5 Среднеквадратическое относительное двухвыборочное отклонение частоты не более:

- $1,4 \cdot 10^{-11}$  – за время усреднения 1 с;
- $5,0 \cdot 10^{-12}$  – за время усреднения 10 с;
- $2,0 \cdot 10^{-12}$  – за время усреднения 100 с.

4.4.6 Среднеквадратическое относительное двухвыборочное отклонение частоты за время усреднения 1 сут не более  $5 \cdot 10^{-12}$ .

4.4.7 Среднее относительное изменение частоты выходного сигнала при изменении температуры окружающей среды на  $1^{\circ}\text{C}$  не выходит за пределы  $\pm 4 \cdot 10^{-12}$ .

4.4.8 Относительное изменение частоты выходного сигнала при изменении напряжения питания от плюс 22 до плюс 28 В не выходит за пределы  $\pm 3 \cdot 10^{-11}$ .

4.4.9 Диапазон перестройки частоты выходного сигнала внешним постоянным напряжением от 0 до плюс 5 В не менее  $3 \cdot 10^{-9}$ .

4.4.10 Среднеквадратическое значение напряжения выходного сигнала на подключенной нагрузке  $(50 \pm 2)$  Ом находится в пределах  $(1,0 \pm 0,2)$  В.

4.4.11 Время установления значения относительной погрешности по частоте выходного сигнала в пределах  $\pm 1 \cdot 10^{-9}$  не более 15 мин.

4.4.12 Подавление гармонической составляющей 20 МГц в спектре выходного сигнала не менее 30 дБ.

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

минус 130 дБ/Гц – при отстройке на  $(85 \pm 3)$  Гц;

минус 140 дБ/Гц – при отстройке на 1 кГц;

минус 145 дБ/Гц – при отстройке на 10 кГц.

4.4.14 Прибор обеспечивает наличие электрического сигнала с уровнем постоянного напряжения плюс (4,0–6,0) В на контакте «КОНТРОЛЬ АПЧ» в случае выхода прибора из режима автоподстройки.

4.4.15 Прибор обеспечивает наличие электрического сигнала с уровнем постоянного напряжением плюс (10,0–12,0) В на контакте «КОНТРОЛЬ ЛАМПЫ» в режиме поджига спектрального источника.

4.4.16 Прибор обеспечивает свои технические характеристики (за исключением п.п. 4.4.3, 4.4.4, 4.4.6) в пределах норм, установленных в ТУ, по истечении времени установления рабочего режима, равного 2 ч с момента включения.

4.4.17 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.

4.4.18 Прибор сохраняет свои технические характеристики в пределах норм, установленных в ТУ, при питании его от источника постоянного тока напряжением плюс (22–28) В и амплитудой пульсаций не более 100 мВ.

4.4.19 Мощность, потребляемая прибором от источника питания в нормальных условиях применения при номинальном напряжении, не более:

36 Вт – в режиме прогрева;

18 Вт – в установившемся режиме.

4.4.20 Средняя наработка на отказ  $T_0$  не менее 40 000 ч.

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

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

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

4.4.24 Среднее время восстановления работоспособного состояния не более 6 ч.

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

4.4.26 Габаритные размеры в миллиметрах и масса прибора в килограммах приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3

Наименование и тип прибора	Без упаковки		В штатной упаковке	
	мм	кг	мм	кг
Стандарт частоты рубидиевый Ч1-1013	78×85×142	не более 1,2	400×300×200	не более 3,5

#### 4.5 Устройство и работа прибора

4.5.1 Конструкция стандарта частоты Ч1-1013 включает экран с крышкой, корпус, кварцевый генератор, дискриминатор, блок управления, блок синтезатора частоты и блок автоподстройки частоты. Узлы прибора выполнены в виде функциональных блоков, смонтированных на печатных платах. Блоки крепятся к корпусу с помощью винтов. Корпус прибора одновременно является корпусом дискриминатора. Корпус прибора с установленными на нем функциональными блоками вставляется в пермалловый экран и приворачивается к нему винтами.

4.5.2 В основе принципа действия стандарта частоты Ч1-1013 лежит стабилизация частоты кварцевого генератора по узкой спектральной линии радиочастотного резонанса в оптически ориентированных атомах  $Rb^{87}$ .

Кратковременная стабильность частоты прибора определяется качеством 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.

4.5.3 Упрощённая блок-схема, приведенная на рисунке 4.2, 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, умножение до частоты 60 МГц и смешивание с сигналом синтезатора частоты  $f_{\text{синт}}$ .

Сигнал с частотой  $(60 \text{ МГц} \pm f_{\text{синт}})$  поступает в дискриминатор, где происходит дальнейшее умножение частоты до значения  $f_{\text{умн}}$ , близкого к частоте  $f_0$  линии резонансного перехода атомов  $\text{Rb}^{87}$ .

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

Сигнал дискриминатора  $U_{\Omega}(t)$  поступает в низкочастотную часть системы автоматической подстройки частоты, где формируется напряжение  $U_{\text{упр}}$ , управляющее частотой кварцевого генератора. В режиме подстройки частота кварцевого генератора такова, что  $f_{\text{умн}} \approx f_0$ , напряжение  $U_{\Omega}(t)$  минимально, а напряжение второй гармоники сигнала  $U_{2\Omega}(t)$  максимально.

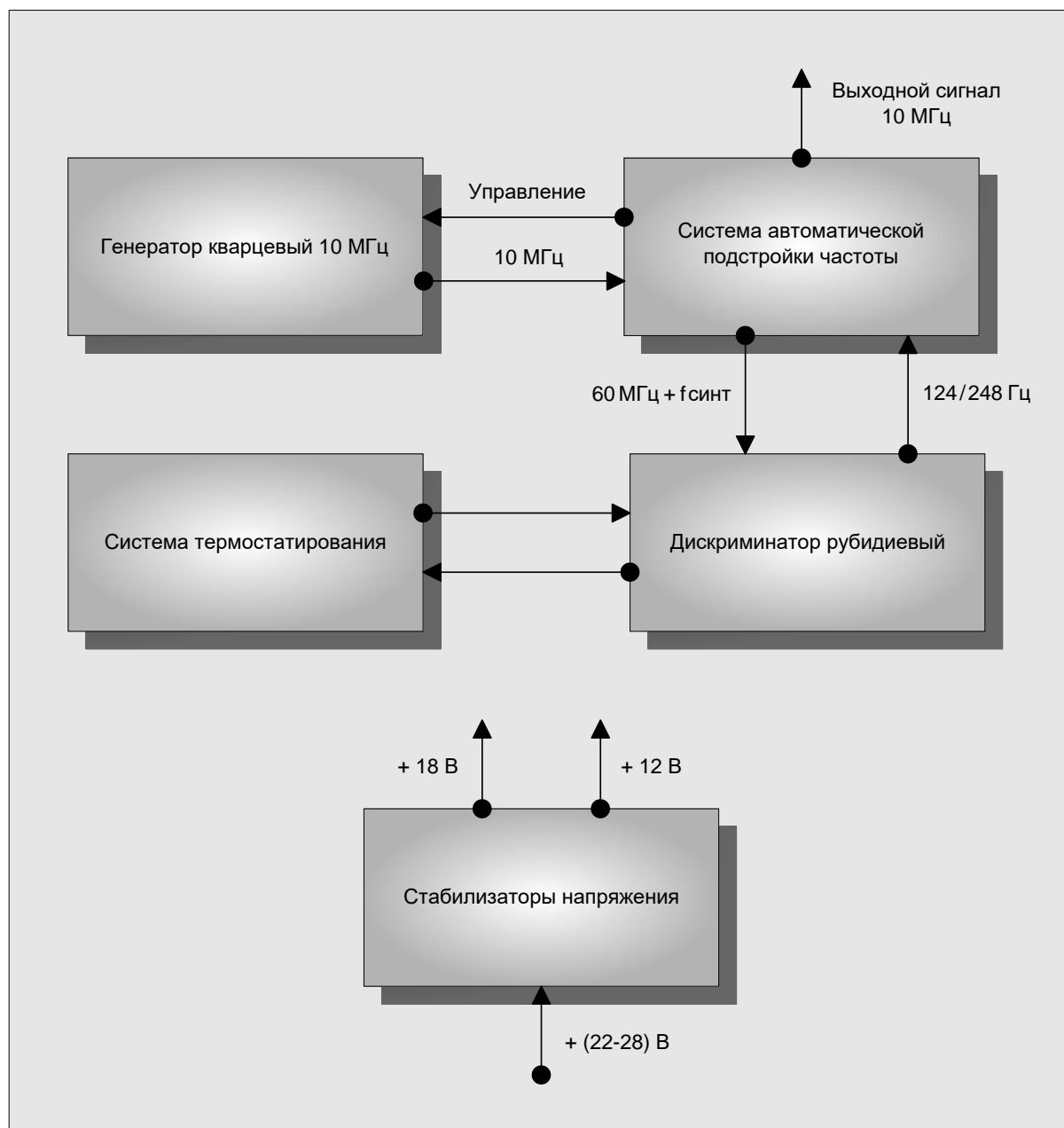


Рисунок 4.2 – Упрощённая блок-схема стандарта частоты Ч1-1013.

#### 4.6 Описание и работа составных частей прибора

##### 4.6.1 На рисунке 4.3 приведена подробная блок-схема стандарта частоты Ч1-1013.

Буферный усилитель, синтезатор частоты 5,317460 МГц и умножитель частоты входят в состав умножителя частоты (10 - 60) МГц. Предусилитель, селективный усилитель 124 Гц, модулятор 124 Гц, синхронный детектор и интегратор расположены на плате АПЧ. Схема усилителя 248 Гц 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 света в дискриминаторе.

Рубидиевый стандарт частоты состоит из следующих блоков:

- дискриминатор;
- блок управления;
- блок АПЧ;
- умножитель (10 - 60) МГц.

4.6.2 Дискриминатор включает в себя СВЧ резонатор с ячейкой поглощения, ячейку-фильтр с источником оптической накачки, термодатчики, нагревательные обмотки термостатов и магнитную обмотку.

Нагревательные обмотки и термодатчики расположены на СВЧ резонаторе и на обойме ячейки-фильтра с источником оптической накачки. Магнитная обмотка расположена на СВЧ резонаторе поверх нагревательной обмотки. СВЧ резонатор располагается в собственном магнитном экране, который в свою очередь вместе с обоймой ячейки-фильтра помещён в общий магнитный экран. В СВЧ резонаторе размещены фотодатчик и умножительный диод.

4.6.3 Блок управления обеспечивает формирование напряжений плюс 18 В и плюс 12 В, необходимых для работы прибора, управление обмотками нагревателей в дискриминаторе, управление работой источника оптической накачки и формирование стабильного тока для магнитной обмотки.

На элементах DA3, R16, R20, C8, C10 сделан стабилизатор напряжения плюс 18 В. На элементах DA5, C12, C18 сделан стабилизатор напряжения плюс 12 В. На элементах DA1, R1, R2, R6, R8, R10, R12, R14, C2, C4, C6 сделано устройство термостатирования СВЧ резонатора дискриминатора. Управляющий сигнал рассогласования с термодатчика поступает на измерительный мост R1, R2, R8, R6, усиливается микросхемой DA1 и транзистором VT1 и поступает на нагревательную обмотку СВЧ резонатора. Установившаяся температура СВЧ резонатора регулируется с помощью резистора R8.

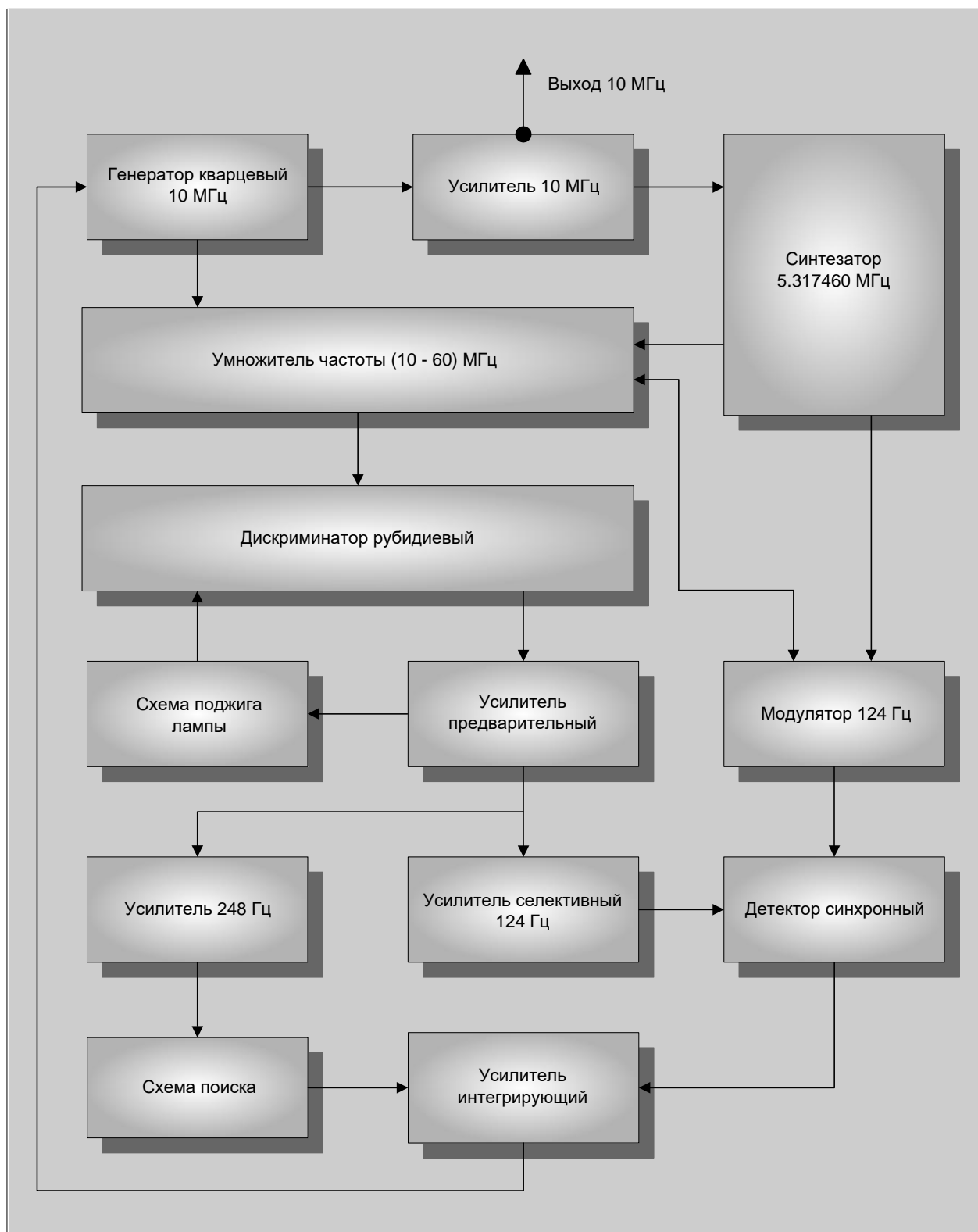


Рисунок 4.3 – Блок-схема стандарта частоты Ч1-1013.



Термостат источника оптической накачки на элементах DA2, R3, R4, R7, R9, R11, R13, R15, C3, C5, C7 работает аналогично. Температура регулируется резистором R4.

На элементах DA4, VD2, R21...R27, C9, C11 сделано устройство формирования стабильного тока для магнитной обмотки. Резистором R23 осуществляется регулировка тока магнитной обмотки и как следствие перестройка частоты прибора. На элементах VT6, VT7, R39...R46, C13...C17, L2, L3 сделан буферный усилитель 10 МГц сигнала кварцевого генератора A1. На элементах VT3...VT5, R28...R37 сделано устройство управления режимом источника оптической накачки. Резистором R32 осуществляется установка напряжения на нагревателе спектральной лампы.

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

На элементах DA2, R3, R8, R9, R13, R15, R16, C1...C8 собран малошумящий усилитель сигнала фотодатчика, который расположен в СВЧ резонаторе и предназначен для предварительного усиления и согласования с полосовым усилителем 124 Гц.

Полосовой усилитель 124 Гц сделан на элементах DA4, R17...R32, C9...C15. С выхода сигнал поступает на детектор системы поиска (элементы DA1.3, DA3.2, DA3.4), которая предназначена для принудительной установки частоты кварцевого генератора на частоту атомного перехода дискриминатора. При определённом уровне сигнала 124 Гц система поиска отключается и включается система АПЧ стандарта частоты.

На элементе DA5 сделан синхронный детектор сигнала 124 Гц, а на элементах DA6, R45...R60, C22 – интегратор. Постоянное напряжение, пропорциональное расстройке частот кварцевого генератора и атомной линии дискриминатора, поступает на управляющий вход кварцевого генератора и подстраивает его частоту под линию дискриминатора. Элемент DA3.1 формирует управляющий сигнал включения спектральной лампы, который поступает на блок управления для изменения режима источника оптической накачки.

4.6.5 Умножитель (10 - 60) МГц представляет собой многокаскадный умножитель частоты с усилителем мощности на выходе, который работает на умножительный диод в СВЧ резонаторе.

Элементы VT2, VT3, VD1, R2...R13, R17, R18, C3, C7...C9, L2 образуют фазовый модулятор частоты 10 МГц низкой частотой 124 Гц. На элементах VT5, VT6, R21...R24, C14...C17, L3, L4 сделан утроитель частоты 10/30 МГц. На элементах VT7, VT8, R26...R28, C19, C21...C24, L6...L9 сделан двухтактный удвоитель частоты (30 - 60) МГц, а элементы VT9, VT10, R29...R46, C27...C37, L11...L13 образуют двухкаскадный усилитель мощности сигнала частотой 60 МГц.

С выхода усилителя мощности сигнал поступает на согласующее устройство, которое выполнено на элементах R55, C38...C43, L15, и далее в СВЧ резонатор на умножительный диод.

Элементы C11, C18, C19, C22, C25, C29, C32, L5, L7, L10, L12 образуют фильтры питания.

На элементах DD1...DD7 сделан синтезатор частот 5,317460 МГц и 124 Гц для работы модулятора и синхронного детектора в блоке АПЧ. Сигнал частотой 5,317460 МГц через элементы R50, C34, C40, L14, L17 поступает в устройство согласования и далее в СВЧ резонатор на умножительный диод. Сигнал частотой 124 Гц через элементы JP2, R44 поступает на синхронный детектор в блок АПЧ, а через элементы R1, R52, R53, C42, C43 на диод VD1 модулятора.

Элементы R1, R50, R51 осуществляют настройку уровня модуляции, уровня сигнала синтезатора и положения рабочей точки умножительного диода.

## 5 Подготовка прибора к работе

### 5.1 Эксплуатационные ограничения

5.1.1 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.

### 5.2 Распаковывание и повторное упаковывание прибора

#### 5.2.1 Распаковывание прибора производится следующим образом:

- снимите пломбу, стальную ленту или проволоку, обтягивающую транспортный ящик;
- вскройте ящик, 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.

5.2.2 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 транспортного ящика;
- 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 гвоздями верхнюю крышку транспортного ящика, обтяните ящик стальной лентой или проволокой и опломбируйте его.

### 5.3 Порядок установки прибора

5.3.1 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.

5.3.2 Проверьте комплектность прибора в соответствии с разделом 4.3 настоящего руководства.

5.3.3 Разместите прибор на рабочем месте, обеспечив удобство работы и нормальные условия для естественной вентиляции.

5.3.4 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  $(4.0 + L)$  мм, где L – толщина основания радиотехнического устройства.

### 5.4 Подготовка к работе

5.4.1 Перед началом эксплуатации внимательно изучите руководство по эксплуатации прибора.

5.4.2 После длительного хранения проведите внешний осмотр, опробование, а затем проверку метрологических параметров прибора согласно разделу 7 настоящего руководства.

После пребывания прибора в предельных условиях перед включением выдержите прибор в нормальных условиях в течение 2 ч.

5.4.3 Сделайте отметку в формуляре о начале эксплуатации прибора.

5.4.4 Смонтируйте соединительный кабель для подключения прибора, используя ответный разъем DB-9F из состава прибора, в соответствии с одной из схем включения, приведенных на рисунке 5.1.

5.4.5 Подключите кабель к интерфейсу радиотехнического устройства, в составе которого в дальнейшем будет работать стандарт частоты Ч1-1013.

5.4.6 Питание прибора осуществляется от внешнего источника постоянного стабилизированного напряжения плюс (22–28) В с пульсациями не более 100 мВ при токе включения до 1,5 А в режиме прогрева и до 0,8 А в рабочем режиме.

5.4.7 Для диагностики работоспособности встроенного прибора рекомендуется подключить светодиоды к контактам низкочастотного разъема, как показано на рисунке 5.1а.

5.4.8 В случае коррекции частоты выходного сигнала внешним потенциометром прибор необходимо включить согласно схеме, приведенной на рисунке 5.1б.

5.4.9 Для дистанционного управления частотой выходного сигнала внешним напряжением прибор необходимо включить согласно схеме, приведенной на рисунке 5.1в. При этом постоянное стабилизированное управляющее напряжение  $U_{упр}$  должно быть в пределах от 0 до плюс 5 В с пульсациями не более 50 мВ.

**ВНИМАНИЕ!** В процессе работы температура корпуса прибора не должна превышать плюс 65 °С.

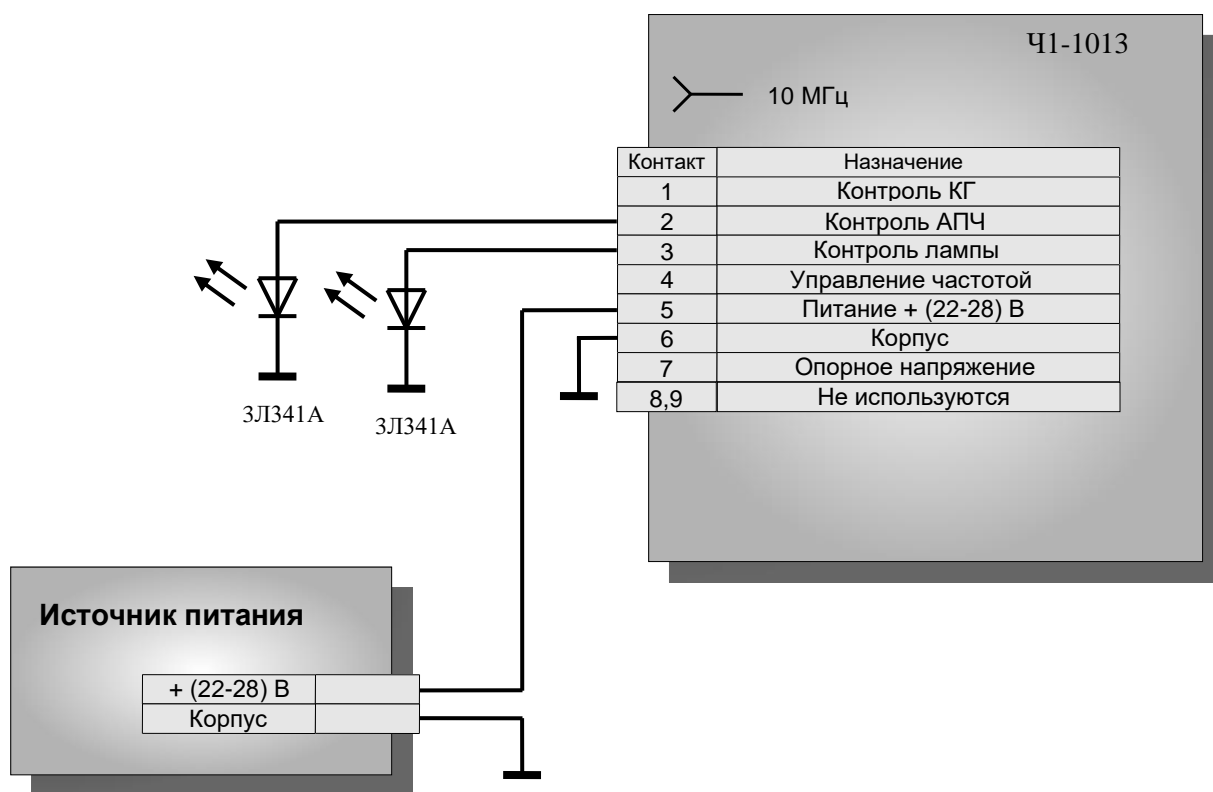


Рисунок 5.1а – Схема включения стандарта частоты Ч1-1013 (основная).

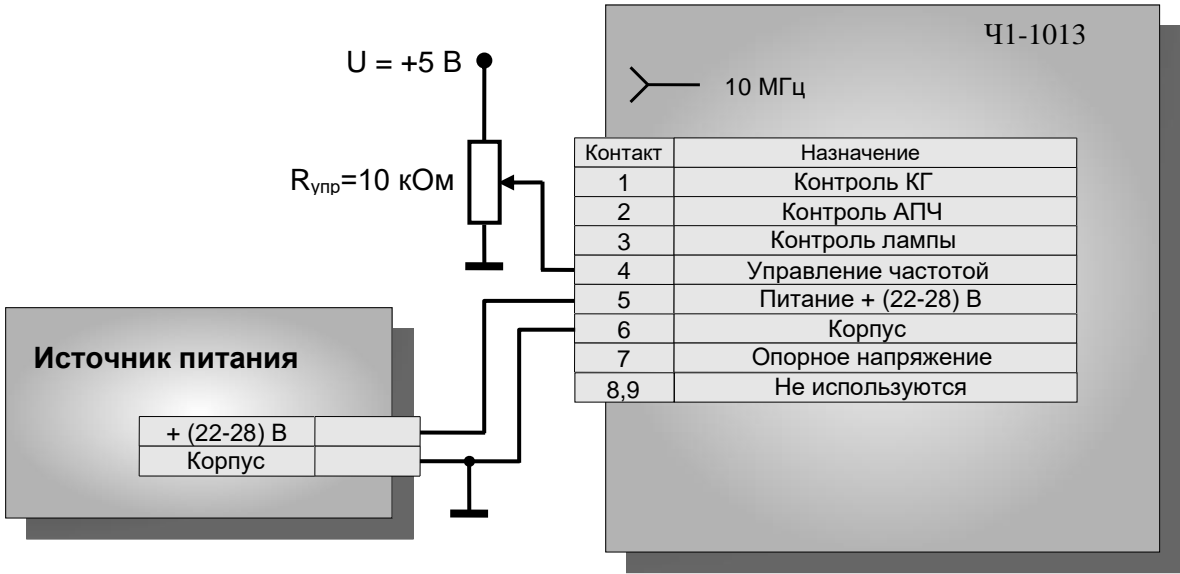


Рисунок 5.1б – Схема включения стандарта частоты Ч1-1013 в случае коррекции частоты внешним потенциометром.

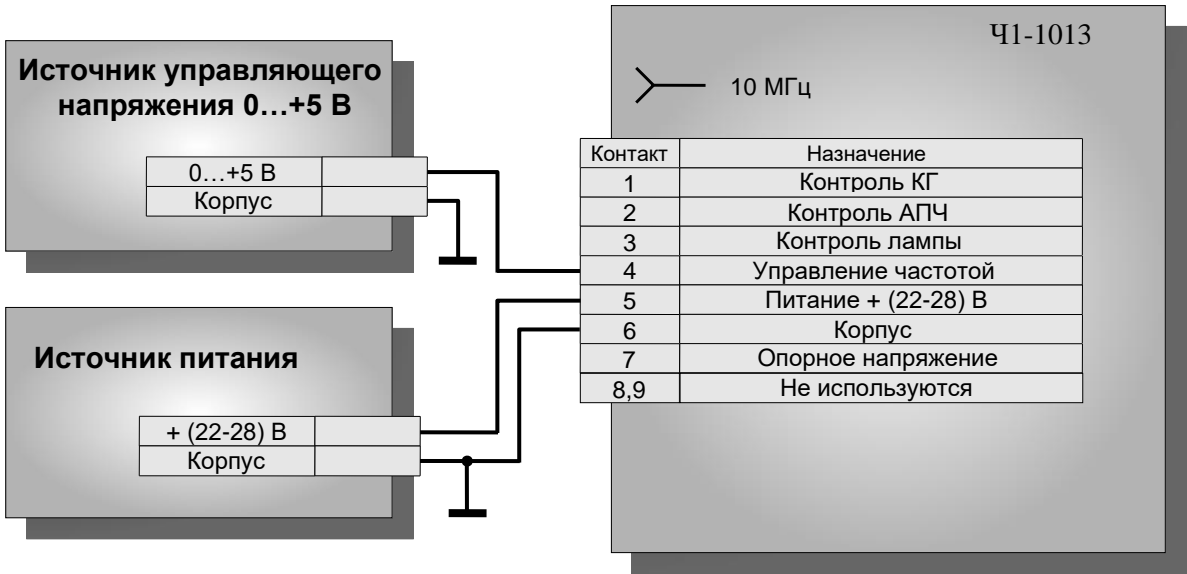


Рисунок 5.1в – Схема включения стандарта частоты Ч1-1013 в случае дистанционного управления частотой.

## 6 Порядок работы

### 6.1 Меры безопасности при работе с прибором

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

### 6.2 Органы управления, подключения и индикации

6.2.1 Стандарт частоты рубидиевый Ч1-1013 предназначен как для непрерывной круглосуточной работы в автономном режиме, так и в сеансовом режиме с выключением.

Возможны режимы ручного и дистанционного управления частотой прибора.

6.2.2 Расположение органов управления и присоединительных разъемов прибора показано на рисунке 6.1. Назначение органов управления и присоединительных разъемов с указанием маркировки приведено в таблице 6.1.

Таблица 6.1

Позиция на рисунке 6.1	Маркировка	Назначение
1		Низкочастотный разъем. Питания прибора, контроль работы, дистанционное управление частотой.
2	« $\Theta \rightarrow 2\Omega$ »	Контроль сигнала второй гармоники.
3		Шлиц потенциометра «коррекция частоты».
4	« $\Theta \rightarrow 10$ МГц»	Разъем. Выход сигнала частотой 10 МГц.

Назначение контактов НЧ разъёма с указанием маркировки на шильдике передней панели прибора приведено в таблице 6.2.

Таблица 6.2

Номер контакта	Маркировка	Назначение
1	«Контроль КГ»	Контроль кварцевого генератора и системы АПЧ. Напряжение на контакте пропорционально управляющему напряжению кварцевого генератора.
2	«Контроль АПЧ» (отказ)	Индикация работоспособности прибора. Уровни напряжения: (0–0,4) В – рабочий режим; + (4,0–6,0) В – нерабочий режим.
3	«Контроль лампы»	Контроль спектральной лампы. Уровни напряжения: (0–0,4) В – рабочий режим; + (10,0–12,0) В – нерабочий режим.
4	«Управление частотой»	Вход напряжения дистанционного управления частотой.
5	«Питание + (22–28) В»	Вход напряжения питания + (22–28) В.
6	«Корпус»	Корпус прибора.
7	«Опорное напряжение»	Опорное напряжение + (9,5 ± 0,5) В.

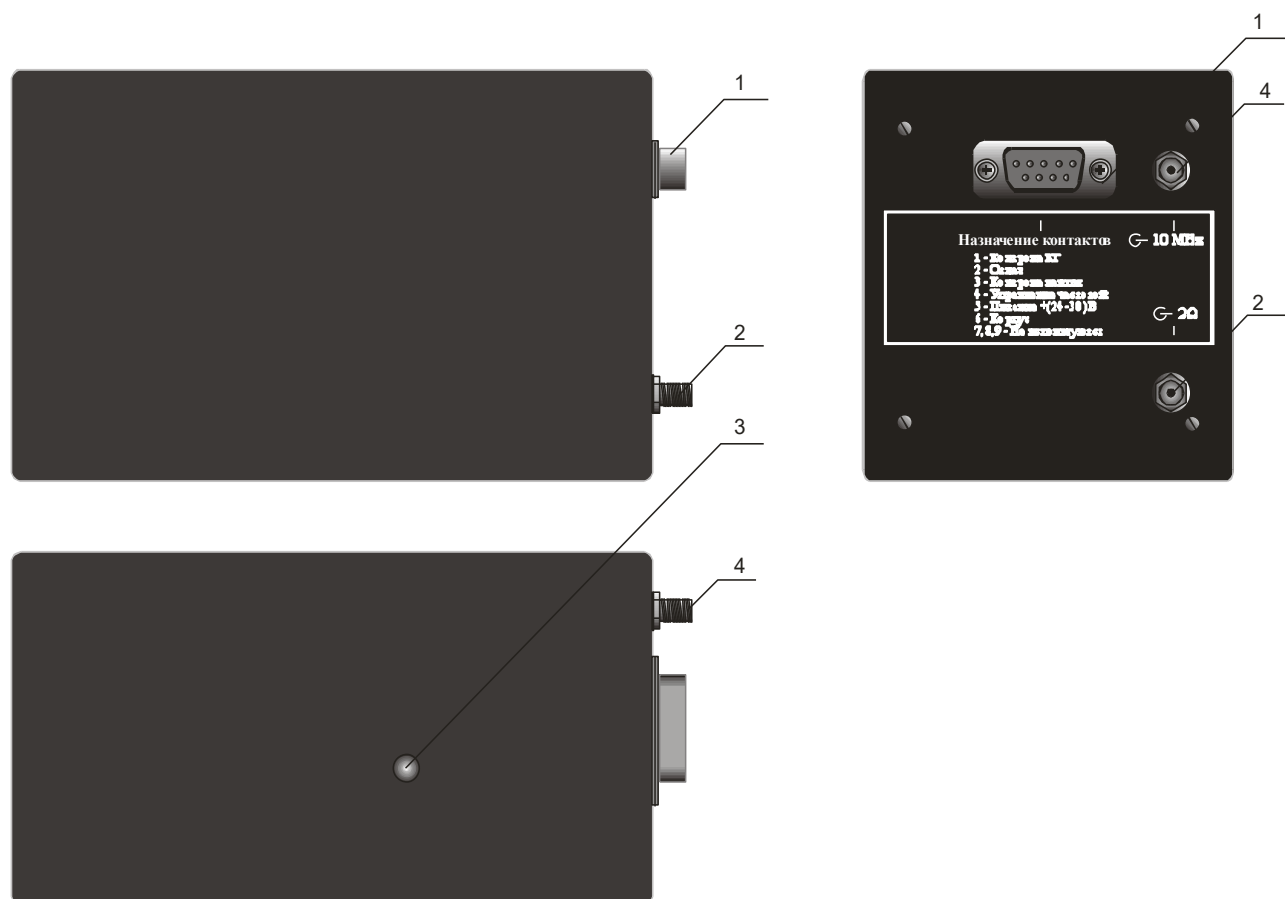


Рисунок 6.1 – Расположение органов управления и присоединительных разъемов стандарта частоты рубидиевого Ч1-1013.



6.2.3 Ручное управление прибором возможно при его включении по схеме, приведенной на рисунке 5.1б. При этом можно вводить сдвиг частоты прибора в пределах  $\pm 1 \cdot 10^{-9}$  относительно номинального значения частоты 10 МГц с помощью потенциометра  $R_{упр}$ .

6.2.4 Дистанционное управление прибором возможно при его включении по схеме, приведенной на рисунке 5.1в. При изменении управляющего напряжения в пределах от 0 до плюс 5 В на контакте 4 НЧ разъёма частота прибора изменяется в диапазоне не менее  $3 \cdot 10^{-9}$ .

### 6.3 Подготовка к проведению измерений

6.3.1 Убедитесь в том, что условия эксплуатации прибора соответствуют условиям, приведенным в таблице 4.1.

6.3.2 Проверка функционирования прибора производится путём измерения напряжений на контактах 1, 2 и 3 НЧ разъёма и сравнения их с величинами, приведёнными в таблице 9.1.

Подключите прибор к источнику питания в соответствии с одной из схем включения, приведённых на рисунках 5.1б и 5.1в. Сразу же после включения прибора напряжение плюс (10,0–12,0) В на контакте 3 говорит об отсутствии ВЧ разряда в спектральной лампе. После появления ВЧ разряда в спектральной лампе (через (10–40) с после включения прибора) напряжение на контакте 3 уменьшается до (0–0,4) В.

Напряжение на контакте 1 плавно изменяется в пределах от 0 до плюс 8,0 В в течение (10–15) мин после включения прибора. После «захвата» частоты кварцевого генератора системой АПЧ на контакте 1 устанавливается постоянное напряжение в пределах от плюс 0,5 до плюс 7,5 В, что говорит о нормальной работе кварцевого генератора и системы АПЧ.

После включения прибора на контакте 2 устанавливается напряжение плюс (4,0–6,0) В, что говорит об отсутствии сигнала атомного резонанса и неготовности прибора к измерениям. Через (10–15) мин после включения прибора в нормальных условиях напряжение на контакте 2 уменьшается до (0–0,4) В, что говорит о нормальной работе прибора.

**ВНИМАНИЕ!** Если через (10–15) мин после включения прибора напряжение на контакте 2 не снижается до (0–0,4) В или в процессе непрерывной работы на контакте 2 появляется напряжение плюс (4,0–6,0) В, то это говорит о неисправности прибора.

#### 6.4 Проведение измерений

6.4.1 Подайте напряжение питания на прибор.

6.4.2 Прогрейте прибор в течение 30 мин. После этого прибор можно использовать как источник опорного сигнала частотой 10 МГц с относительным отклонением  $\pm 1 \cdot 10^{-9}$ .

6.4.3 При проведении измерений с более высокой точностью следует прогреть прибор в течение 2 ч.

6.4.4 Управление частотой выходного сигнала прибора осуществляется или с помощью подключенного потенциометра  $R_{упр}$  (рисунок 5.1б), или внешним управляющим напряжением (рисунок 5.1в).

## 7 Поверка прибора

### 7.1 Общие сведения

7.1.1 Настоящий раздел устанавливает порядок, методы и средства поверки стандарта частоты рубидиевого Ч1-1013.

7.1.2 Порядок организации и проведения поверки должен соответствовать установленному в ПР 50.2.006.

7.1.3 Межповерочный интервал – 12 мес.

### 7.2 Операции и средства поверки

При проведении поверки должны быть выполнены операции и применены средства поверки, указанные в таблице 7.1.

Таблица 7.1

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Рекомендуемое средство поверки (наименование, тип)	Основные технические характеристики средства поверки
1	2	3	4
1 Внешний осмотр	7.4.2		
2 Проверка функционирования прибора	7.4.3	Вольтметр универсальный В7-38	Диапазон измерения напряжения от 0 до 20 В Погрешность $\pm 1 \%$
3 Определение метрологических характеристик прибора:	7.4.4		
- относительной погрешности по частоте выходного сигнала 10 МГц	7.4.4.1	Стандарт частоты водородный Ч1-76А Компаратор частотный ЧК7-51	Нестабильность частоты за 1 с $4 \cdot 10^{-13}$ Погрешность измерения за 100 с $\pm 1 \cdot 10^{-12}$
- систематического относительного изменения частоты за 1 мес. непрерывной работы	7.4.4.2	Стандарт частоты водородный Ч1-76А Компаратор частотный ЧК7-51	Нестабильность частоты за 1 с $4 \cdot 10^{-13}$ Погрешность измерения за 100 с $\pm 1 \cdot 10^{-12}$

Продолжение таблицы 7.1

1	2	3	4
- среднеквадратического относительного двухвыборочного отклонения частоты за 1 с, 10 с и 100 с	7.4.4.3	Стандарт частоты водородный Ч1-76А Компаратор частотный ЧК7-51	Нестабильность частоты за 1 с $4 \cdot 10^{-13}$ Погрешность измерения за 100 с $\pm 1 \cdot 10^{-12}$
- среднеквадратического значения напряжения выходного сигнала	7.4.4.4	Вольтметр импульсного напряжения В4-24	Измеряемое напряжение от 0 до 3 В Диапазон частот от 0 до 700 МГц Погрешность $\pm 5 \%$

## Примечания:

1 При проведении поверки могут быть применены другие средства измерений (СИ), обеспечивающие измерение контролируемых параметров с требуемой точностью.

2 Все СИ, используемые при поверке, должны быть поверены в соответствии с требованиями ПР 50.2.006.

## 7.3 Условия поверки и подготовка к ней

7.3.1 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 .....  $+ 24,0 \pm 0,2$ .

ПРИМЕЧАНИЕ: допускается проведение поверки в условиях, реально существующих в лаборатории и отличающихся от нормальных, если они не выходят за пределы рабочих условий, установленных на прибор и средства измерений.

7.3.2 Подготовить прибор к поверке в соответствии с разделами 3, 5.4 и 6.3 настоящего руководства.

## 7.4 Проведение поверки

7.4.1 Поверка прибора проводится в соответствии с перечнем и последовательностью операций, приведенных в таблице 7.1.

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

- комплектность прибора должна соответствовать таблице 4.2;
- соответствие внешнего вида прибора требованиям раздела 5.3.1;
- надписи на шильдике передней панели должны соответствовать таблице 6.2.

Приборы, имеющие дефекты, бракуются и направляются в ремонт.

7.4.3 Проверку функционирования прибора проводят в соответствии с разделом 6.3.2 настоящего руководства для оценки его исправности. Неисправные приборы бракуются и направляются в ремонт.

## 7.4.4 Определение метрологических характеристик прибора

7.4.4.1 Определение относительной погрешности по частоте выходного сигнала 10 МГц проводят при подключении приборов согласно схеме, приведенной на рисунке 7.1.

Компаратор частотный ЧК7-51 устанавливают в режим измерения относительного отклонения частоты « $\frac{\Delta f}{f_0}$ » с вычислением среднего относительного отклонения частоты.

Устанавливают время усреднения 100 с, число измерений – 20.

Результаты поверки 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. 3 рис. 6.1) до получения требуемого значения относительной погрешности по частоте и повторить измерения по вышеприведенной методике.

7.4.4.2 Определение систематического относительного изменения частоты за 1 мес. проводят при подключении приборов согласно схеме, приведенной на рисунке 7.1.

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

Компаратор частотный ЧК7-51 устанавливают в режим измерения относительного отклонения частоты « $\frac{\Delta f}{f_0}$ » с вычислением среднего относительного отклонения частоты.

Устанавливают время усреднения 100 с, число измерений – 36 (т.е. фактическое время усреднения равно 1 ч). Определяют относительную разность частот  $\frac{\Delta f_i}{f_0}$  прибора и стандарта частоты и времени Ч1-76А за  $i$ -ый час.

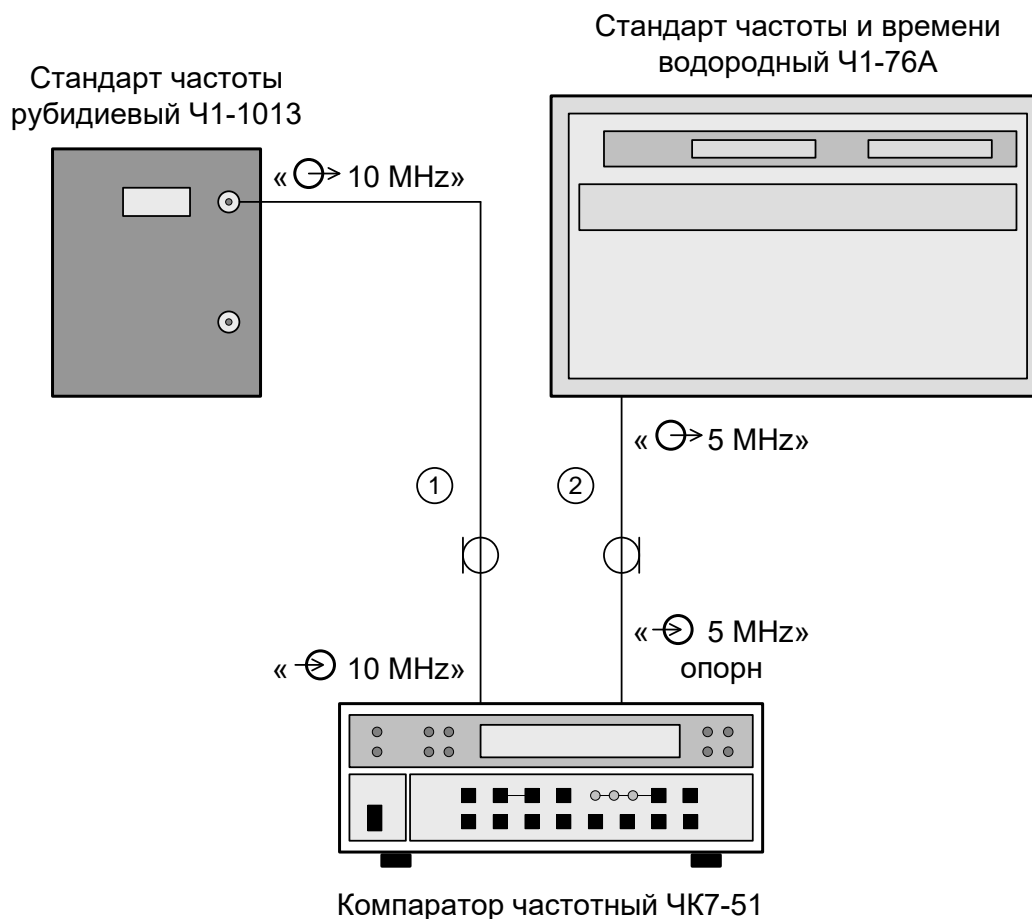


Рисунок 7.1 – Схема электрическая подключения приборов для определения относительной погрешности по частоте выходного сигнала 10 МГц, систематического относительного изменения частоты за 1 мес. и среднеквадратического относительного двухвыборочного отклонения частоты за 1 с, 10 с и 100 с.

1 – ВЧ кабель РУГА.685671.362. Входит в состав комплекта Ч1-1013.

2 – ВЧ кабель ЕЭ4.852.517-08. Входит в состав комплекта ЧК7-51.

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

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

По результатам измерений среднего значения относительной разности частот прибора и стандарта частоты и времени Ч1-76А за каждые сутки вычисляют среднее относительное изменение частоты за 1 сут  $\nu$  по формуле

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

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

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

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

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

В случае неудовлетворительного результата продолжить измерения до 30 сут.

7.4.4.3 Определение среднеквадратического относительного двухвыборочного отклонения частоты за 1 с, 10 с и 100 с проводят при подключении приборов согласно схеме, приведенной на рисунке 7.1.

Компаратор частотный ЧК7-51 устанавливают в режим измерения относительного отклонения частоты « $\frac{\Delta f}{f_0}$ » с вычислением среднеквадратического относительного двухвыборочного отклонения частоты. Устанавливают для времени усреднения 1 с и 10 с число измерений 30, для 100 с – 20.

Среднеквадратическое относительное двухвыборочное отклонение частоты вычисляется компаратором частотным ЧК7-51 по формуле

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n-1} \left( \frac{f_{i+1}}{f_o} - \frac{f_i}{f_o} \right)^2}{2(n-1)}},$$

где  $\frac{\Delta f_{i+1}}{f_o}$  – относительное отклонение частоты при  $(i + 1)$  измерениях,

$n$  – число измерений.

Результаты поверки считают удовлетворительными, если полученные значения среднеквадратического относительного двухвыборочного отклонения частоты не превышают:

$1,4 \cdot 10^{-11}$  – за время усреднения 1 с;

$5,0 \cdot 10^{-12}$  – за время усреднения 10 с;

$2,0 \cdot 10^{-12}$  – за время усреднения 100 с.

7.4.4.4 Определение среднеквадратического значения напряжения выходного сигнала проводят согласно схеме, приведенной на рисунке 7.2, путем измерения напряжения при помощи вольтметра импульсного напряжения В4-24 на подключенной нагрузке 50 Ом.

Результаты поверки считают удовлетворительными, если полученное значение напряжения выходного сигнала находится в пределах  $(1,0 \pm 0,2)$  В.

#### 7.5 Оформление результатов поверки

7.5.1 Положительные результаты поверки оформляют в порядке, установленном в метрологической службе, выполняющей поверку в соответствии с ПР 50.2.006.

7.5.2 Приборы, не прошедшие поверку (имеющие отрицательные результаты поверки) признаются непригодными к эксплуатации. Свидетельство о поверке аннулируют, вносят запись в формуляр и направляют прибор в ремонт.



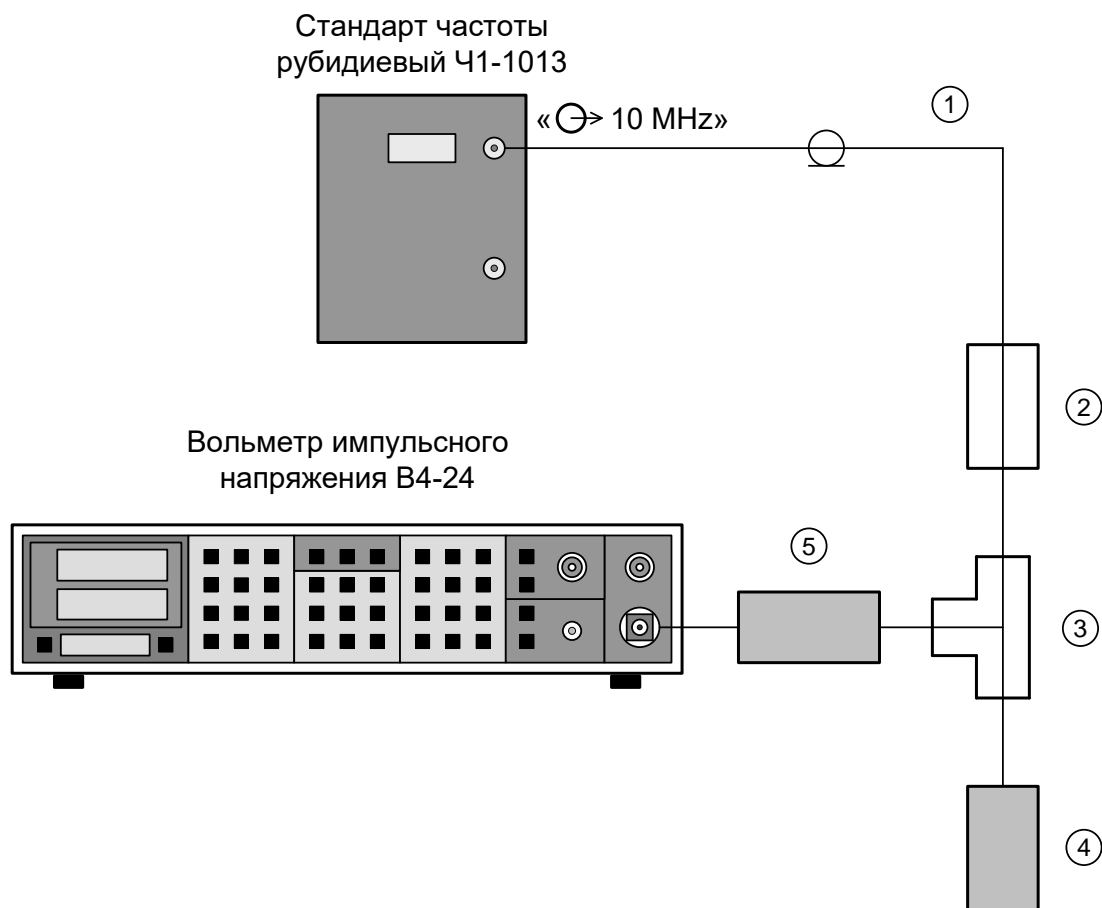


Рисунок 7.2 – Схема электрическая подключения приборов для определения среднеквадратического напряжения выходного сигнала 10 МГц.

1 – ВЧ кабель РУГА.685671.362. Входит в состав комплекта Ч1-1013.

2 – переход ЕЭ2.236.463-01, 3 – тройник ЕЭ2.246.126,

4 – нагрузка ЕЭ2.260.147, 5 – пробник. Входят в состав комплекта В4-24.

## 8 Техническое обслуживание

8.1 При использовании прибора в качестве встраиваемого его техническое обслуживание производится в периоды технического обслуживания радиотехнической аппаратуры, в составе которой он используется.

8.2 При подготовке к проведению работ по уходу за прибором, во время и после их проведения необходимо соблюдать меры предосторожности, указанные в разделе 3 настоящего руководства.

8.3 Перед проведением технического обслуживания (ТО) следует подготовить необходимый инструмент, принадлежности и материалы: мягкую кисть, спирт технический этиловый марки А ГОСТ 17299, ветошь.

8.4 Виды, объем, периодичность проведения и особенности организации технического обслуживания прибора в зависимости от этапов его эксплуатации (использование по назначению, хранение, транспортирование и т. д.) определяются настоящим руководством.

8.5 При непосредственном использовании прибора по назначению проводятся следующие виды обслуживания:

- ежедневное техническое обслуживание (ЕТО);
- техническое обслуживание № 1 (ТО-1);
- техническое обслуживание № 2 (ТО-2).

8.6 При хранении прибора проводятся следующие виды обслуживания:

- техническое обслуживание № 1 при хранении (ТО-1х);
- техническое обслуживание № 2 при хранении (ТО-2х).

8.7 Периодичность различных видов технического обслуживания и перечень работ по каждому виду обслуживания приведены в таблице 8.1.

Таблица 8.1

Вид ТО	Содержание работ	Наименование материала для выполнения работ, норма расхода	Периодичность проведения
ЕТО	<ul style="list-style-type: none"> <li>- провести внешний осмотр согласно п. 5.3.1;</li> <li>- проверить функционирование согласно п. 6.3.2;</li> <li>- устранить выявленные недостатки.</li> </ul>		Перед началом и после использования по назначению и после транспортирования. Если прибор не использовался, то 1 раз в квартал. При кратковременном хранении 1 раз в 6 мес.
ТО-1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- выполнить все операции ЕТО;</li> <li>- проверить комплектность;</li> <li>- устранить выявленные недостатки;</li> <li>- проверить правильность ведения эксплуатационной документации.</li> </ul>		При постановке на кратковременное хранение.
ТО-2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- выполнить все операции ТО-1;</li> <li>- устранить выявленные недостатки;</li> <li>- промыть мягкой кистью контакты разъемов;</li> <li>- провести периодическую поверку;</li> <li>- упаковать прибор согласно п. 5.2.2.</li> </ul>	Спирт этиловый 30 г	Совмещается с периодической поверкой и при постановке на длительное хранение.
ТО-1х	<ul style="list-style-type: none"> <li>- проверить наличие на месте хранения;</li> <li>- провести внешний осмотр состояния упаковки;</li> <li>- проверить состояние учета и условий хранения.</li> </ul>		1 раз в год
ТО-2х	<ul style="list-style-type: none"> <li>- выполнить все операции ТО-1х;</li> <li>- распаковать прибор согласно п. 5.2.1;</li> <li>- вскрыть прибор, удалив внешний кожух;</li> <li>- проверить соответствие комплектующих изделий срокам службы или хранения;</li> <li>- закрыть прибор;</li> <li>- провести поверку;</li> <li>- проверить состояние эксплуатационной документации;</li> <li>- сделать отметку в формуляре о выполненных работах;</li> <li>- упаковать прибор согласно п. 5.2.2.</li> </ul>		1 раз в 5 лет

## 9 Текущий ремонт

### 9.1 Общие положения

9.1.1 Ремонт прибора и его составных частей требует специального технологического оборудования и осуществляется только предприятием-изготовителем или организацией, выполняющей его функции.

9.1.2 К ремонту прибора допускаются лица, прошедшие специальную подготовку на предприятии-изготовителе по проведению ремонта данного прибора.

Квалификация ремонтного персонала должна обеспечивать проведение ремонта сложных радиотехнических и цифровых устройств.

9.1.3 Лица, приступающие к ремонту прибора, должны ознакомиться с устройством и принципом работы прибора и его составных частей.

9.1.4 При проведении ремонта прибора и его поверке после ремонта должны быть использованы СИ, перечисленные в таблице 7.1 настоящего руководства.

### 9.2 Меры безопасности при ремонте

9.2.1 При проведении ремонта прибора должны быть соблюдены рекомендации по обеспечению безопасности, указанные в разделе 3 настоящего руководства.

### 9.3 Указания по устранению неисправностей

9.3.1 Стандарт частоты имеет элементы контроля работоспособности и индикации отказов, перечень которых приведен в таблице 9.1.

Таблица 9.1

Номер контакта	Напряжение на контакте, В	Состояние прибора и его функциональных узлов
1	+ (0,5–7,5) менее + 0,5 или более + 7,5	Нормальный режим работы. Нерабочий режим.
2	от 0 до + 0,4 + (4,0–6,0)	Нормальный режим работы. Нерабочий режим. Нет второй гармоники сигнала атомного резонанса, нет «захвата» частоты кварцевого генератора в системе АПЧ (горит светодиод).
3	от 0 до + 0,4 + (10,0–12,0)	Нормальный режим работы. Нерабочий режим. Нет ВЧ разряда в спектральной лампе (горит светодиод).

9.3.2 В случае обнаружения неисправностей прибор подлежит ремонту на предприятии-изготовителе.

9.3.3 Причины неисправностей прибора и меры по их устранению фиксируются в установленном порядке в формуляре.

9.3.4 После проведения ремонта прибор подвергается поверке в соответствии с разделом 7 настоящего руководства.

## 10 Хранение

10.1 Приборы должны храниться в закрытых складских помещениях на стеллажах в упакованном виде при отсутствии в воздухе пыли, кислотных, щелочных и других агрессивных примесей.

10.2 Условия отапливаемого хранилища:

- температура окружающей среды от плюс 5 до плюс 40 °С;
- относительная влажность воздуха до 80 % при температуре 25 °С;
- срок хранения 10 лет.

10.3 Условия неотапливаемого хранилища:

- температура окружающей среды от минус 10 до плюс 50 °С;
- относительная влажность воздуха до 95 % при температуре 25 °С;
- срок хранения 6 лет.

10.4 Если в процессе хранения истек срок действия поверки, то перед вводом в эксплуатацию прибор подвергают поверке.

## 11 Транспортирование

11.1 Допускается транспортирование прибора в упаковке всеми видами транспорта при температуре окружающей среды от минус 25 до плюс 55 °С и относительной влажности воздуха до 95 % при температуре 25 °С.

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

11.3 Перед транспортированием производится упаковка прибора в соответствии с разделом 5 настоящего руководства.

## 12 Маркирование и пломбирование

12.1 Товарный знак предприятия, условное наименование, заводской номер и дата изготовления прибора нанесены на шильдике, расположенном на боковой поверхности прибора.

12.2 Элементы и составные части прибора имеют маркировку позиционных обозначений в соответствии с позиционными обозначениями перечней элементов к принципиальным электрическим схемам.

12.3 Прибор, принятый ОТК, пломбируется мастичной пломбой на задней панели прибора. Нарушение целостности пломбы при эксплуатации прибора не допускается.



ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Изм.	Номера листов (страниц)				Всего листов (страниц) докум.	№ докум.	Входящий № сопроводитель- ного докум. и дата	Подпись	Дата
	изме- ненных	замене- нных	новых	аннули- рован- ных					