

Утвержден

РУГА.411645.002 РЭ-ЛУ

**Генератор опорный
рубидиевый RRS-002**

Руководство по эксплуатации

РУГА.411645.002 РЭ

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

2004

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	8
4.3	Состав комплекта прибора.....	9
4.4	Технические характеристики.....	10
4.5	Устройство и работа прибора	13
4.6	Описание и работа составных частей прибора	15
4.7	Конструкция	25
5	Подготовка прибора к работе	27
5.1	Эксплуатационные ограничения	27
5.2	Распаковывание и повторное упаковывание прибора.....	27
5.3	Порядок установки прибора.....	28
5.4	Подготовка к работе.....	28
6	Порядок работы.....	29
6.1	Меры безопасности при работе с прибором.....	29
6.2	Органы управления, подключения и индикации	29
6.3	Подготовка к проведению измерений.....	32
6.4	Проведение измерений	32
7	Калибровка прибора	33
7.1	Общие сведения	33
7.2	Операции и средства калибровки.....	33
7.3	Условия калибровки и подготовка к ней	34
7.4	Проведение калибровки	34
7.5	Оформление результатов калибровки.....	37
8	Техническое обслуживание	38
9	Текущий ремонт.....	40
9.1	Общие положения	40
9.2	Меры безопасности при ремонте.....	40
9.3	Диагностика отказов и указания по устранению неисправностей.....	40
10	Хранение.....	42
11	Транспортирование.....	43
12	Маркирование и пломбирование.....	44
	Приложение. Протокол информационного обмена опорного генератора RRS-002 с внешним управляющим устройством по интерфейсу RS-485.....	45

Настоящее руководство по эксплуатации (РЭ) предназначено для ознакомления с устройством и принципом работы генератора опорного рубидиевого RRS-002 (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 состоит из 2 частей (книг):

РУГА.411645.002 РЭ включает в себя технические характеристики, описание принципа действия и конструкции прибора, указания по эксплуатации и техническому обслуживанию, методику поверки, порядок устранения неисправностей;

РУГА.411645.002 РЭ1 включает в себя перечни элементов, схемы электрические принципиальные и расположение элементов на платах.

В состав эксплуатационной документации входят РЭ (книга 1) и формуляр.

Изготовитель ведёт постоянную работу по совершенствованию прибора, 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 12.2.091-2012 Безопасность электрического оборудования для измерения, управления и лабораторного применения. Часть 1. Общие требования;

ГОСТ РВ 20.39.304-98;

ГОСТ 13109-97 Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения;

ПР 50.2.016-94 ГСИ. Требования к выполнению калибровочных работ;

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;
АРУ – автоматическая регулировка усиления;
ВЧ – высокочастотный;
ЕТО – ежедневное техническое обслуживание;
ЗИП – запасное имущество и принадлежности;
ОТК – отдел технического контроля;
РЭ – руководство по эксплуатации;
СИ – средства измерений;
ТО – техническое обслуживание;
ТУ – технические условия;
УХЛ – умеренно холодное;
ФАПЧ – фазовая автоподстройка частоты;
ЦАП – цифроаналоговый преобразователь;
RS-232 – последовательный коммуникационный порт;
RS-485 – последовательный коммуникационный порт.

3 Требования безопасности

3.1 По требованиям безопасности прибор соответствует ГОСТ 12.2.091 категория измерения I, степень загрязнения 2.

3.2 При эксплуатации прибор должен быть заземлен через кабель сетевой с трехполюсной вилкой.

Следует всегда проверять надежность заземления при подключении прибора к сети переменного тока. **Включение и эксплуатация прибора без защитного заземления запрещается!**

3.3 Вскрытие прибора с целью ремонта и замена элементов должны производиться только в условиях специализированной лаборатории при отключенном питании прибора.

4 Описание прибора и принципа его работы

4.1 Назначение

4.1.1 Генератор опорный рубидиевый RRS-002 предназначен для использования в качестве источника высокостабильных синусоидальных сигналов повышенной надёжности в различных частотно-измерительных системах, в системах навигации, радиосвязи, в системах тактовой сетевой синхронизации.

4.1.2 Прибор обеспечивает до 15 независимых выходов сигнала с частотой 10 МГц (5 МГц). Прибор предназначен для длительной бесперебойной работы как в круглосуточном непрерывном, так и в сеансовом режиме. Высокая надёжность генератора обеспечивается резервированием основных блоков генератора и в случае неисправности активного источника сигнала автоматическим переходом на резервный.

Внешний вид прибора приведен на рисунке 4.1.

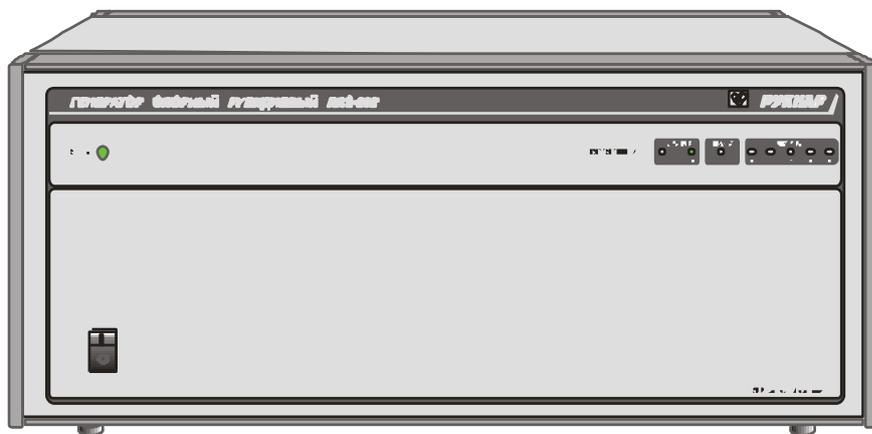


Рисунок 4.1 – Внешний вид генератора опорного рубидиевого RRS-002.

4.2 Условия эксплуатации

4.2.1 По условиям эксплуатации прибор относится к группе 1.1 ГОСТ РВ 20.39.304 климатического исполнения УХЛ с пределами рабочих температур окружающей среды от 0 до плюс 45 °С (температура на корпусе прибора не должна превышать плюс 55 °С), без предъявления требований по прочности к воздействию синусоидальной вибрации и механических ударов многократного действия, без предъявления требований к воздействиям снеговой нагрузки, соляного (морского) тумана, плесневых грибов, солнечного излучения, атмосферных конденсированных осадков (иней и росы), атмосферных выпадающих осадков (дождя), статической и динамической пыли (песка), компонентов ракетного топлива, рабочих растворов и агрессивных сред.

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 ± 5	30–80	84–106 (630–795)	~ 220 ± 4,4
Рабочие	от 0 до + 45 (+ 55*)	30–80	26,7–106,7 (200–800)	~ 220 ± 22

*) предельная температура на корпусе прибора.

Предельные условия транспортирования прибора:

- температура окружающей среды от минус 60 до плюс 55 °С;
- атмосферное давление 12 кПа (90 мм рт. ст.);
- относительная влажность воздуха до 98 % при 25 °С.

4.2.2 Прибор сохраняет свои технические характеристики в пределах норм, указанных в п.п. 4.4.1–4.4.14, в рабочих условиях эксплуатации, а также после пребывания в предельных условиях с последующей выдержкой в нормальных или рабочих условиях в течение 2 ч.

4.3 Состав комплекта прибора

Состав комплекта поставки прибора приведен в таблице 4.2.

Таблица 4.2

Наименование, тип	Обозначение	Количество	Примечание
1 Генератор опорный рубидиевый RRS-002	РУГА.411645.002	1	
2 Руководство по эксплуатации	РУГА.411645.002 РЭ	1	Книга 1
3 Формуляр	РУГА.411645.002 ФО	1	
4 Кабель сетевой SCZ-1	—	1	Входят в комплект ЗИП
5 Генератор опорный RRO-103	РУГА.411653.004	1	
6 Усилитель входной RRA-101	РУГА.468710.003	2	
7 Усилитель выходной RRA-102	РУГА.468710.004	1	
8 Вставка плавкая ВП2Б-1В 5А 250В	ОЮ0.481.005 ТУ	2	
9 Упаковка	РУГА.411915.002	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 выходных синусоидальных сигналов 10 МГц (5 МГц).

4.4.2 Относительная погрешность по частоте выходных сигналов при выпуске в пределах $\pm 2 \cdot 10^{-11}$.

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;

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

$2 \cdot 10^{-12}$ – 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 Относительное изменение частоты выходных сигналов в диапазоне рабочих температур от 0 до плюс 45 °С не выходит за пределы $\pm 3 \cdot 10^{-10}$.

4.4.8 Диапазон коррекции частоты выходных сигналов потенциометром «>0<» активного опорного генератора RRO-103 не менее $2 \cdot 10^{-9}$.

4.4.9 Среднеквадратическое значение напряжения выходных сигналов 10 МГц на подключенной нагрузке (50 ± 2) Ом находится в пределах $(1,0 \pm 0,2)$ В.

4.4.10 Время установления значения относительной погрешности по частоте выходных сигналов в пределах $\pm 1 \cdot 10^{-9}$ не более 15 мин при температуре окружающей среды плюс 25 °С.

4.4.11 Подавление гармонической составляющей 20 МГц в спектре выходных сигналов 10 МГц не менее 30 дБ.

4.4.12 Спектральная плотность мощности фазовых шумов в одной боковой полосе спектра выходных сигналов 10 МГц не более:

- минус 90 дБ/Гц – при отстройке на 10 Гц;
- минус 130 дБ/Гц – при отстройке на 110 Гц;
- минус 140 дБ/Гц – при отстройке на 1 кГц;
- минус 150 дБ/Гц – при отстройке на 10 кГц.

4.4.13 В приборе осуществляется автоматический переход с активного источника сигнала на резервный при выходе из строя активного источника. При этом изменение относительного значения частоты выходных сигналов 10 МГц не более $\pm 1 \cdot 10^{-9}$.

4.4.14 Прибор осуществляет информационный обмен с внешним управляющим устройством через последовательный интерфейс RS-485 или RS-232 со следующими параметрами:

- скорость обмена – 9600 бит/сек;
- формат обмена – 8 информационных бит, 1 стоп-бит, без контроля четности.

Протокол информационного обмена приведен в Приложении.

4.4.15 Прибор обеспечивает свои технические характеристики (за исключением п.п. 4.4.3, 4.4.4, 4.4.6, 4.4.10) в пределах норм, установленных в ТУ, по истечении времени установления рабочего режима, равного 2 ч с момента включения.

4.4.16 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.

4.4.17 Прибор сохраняет свои технические характеристики в пределах норм, установленных в ТУ, при питании его от сети переменного тока напряжением (220 ± 22) В и частотой по ГОСТ 13109.

4.4.18 Мощность, потребляемая прибором от сети электропитания в нормальных условиях применения при номинальном напряжении сети, не более:

- 90 В·А – в режиме прогрева;
- 40 В·А – в установившемся режиме.

4.4.19 Средняя наработка на отказ T_0 не менее 50 000 ч.

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

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

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

4.4.23 Среднее время восстановления работоспособного состояния не более 30 мин.

4.4.24 Вероятность отсутствия скрытых отказов за интервал 24 мес. при среднем коэффициенте использования 0,9 не менее 0,95.

4.4.25 Габаритные размеры прибора 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
Генератор опорный рубидиевый RRS-002	483×415×185	не более 10	690×470×265	не более 20

4.5 Устройство и работа прибора

4.5.1 Генератор опорный рубидиевый RRS-002 имеет блочно-модульную конструкцию, позволяющую осуществлять быструю замену узлов. Структурная схема прибора приведена на рисунке 4.2. Прибор RRS-002 имеет в своем составе два блока генератора опорного RRO-103 (один активный и один резервный), усилитель входной со схемой резервирования RRA-101, пять усилителей выходных RRA-102, контроллер интерфейса RS-485 и блок питания с внутренним двойным горячим резервированием. Любой из опорных генераторов может быть либо активным, либо резервным. Отсеки для их размещения равноправны. При включении прибора активным становится тот генератор, который был активным при последнем выключении.

4.5.2 Генераторы опорные RRO-103 имеют встроенные автономные источники питания от сети 220 В, независимые от источников питания прибора. Любой исправный блок генератора опорного RRO-103 может быть в любой момент времени определён в качестве активного. Активный генератор опорный RRO-103 является источником высокостабильного синусоидального сигнала с частотой 10 МГц, который поступает на усилитель входной со схемой резервирования RRA-101 (далее усилитель входной). Усилитель входной формирует пять каналов предварительного усиления сигналов с частотой 10 МГц, с выхода которых сигналы поступают на усилители выходные RRA-102 (далее усилитель выходной). Пять усилителей выходных формируют пятнадцать (по 3 каждый) нормированных синусоидальных выходных сигналов с частотой 10 МГц.

4.5.3 Сигналы оперативного контроля от всех устройств поступают на контроллер интерфейса RS-485, формирующий слово состояния прибора. Источники питания формируют постоянные напряжения питания + 15 В, - 15 В и + 5 В для входного и выходных усилителей и для контроллера интерфейса.

Особенностью прибора RRS-002 является высокая надёжность в работе, обеспечиваемая резервированием источников высокостабильного сигнала и источника питания. В результате даже во время переключения опорных генераторов (в случае выхода из строя активного источника сигнала) сигналы на выходах прибора не пропадают и относительное отклонение частоты выходного сигнала 10 МГц не превышает $\pm 1 \cdot 10^{-9}$.

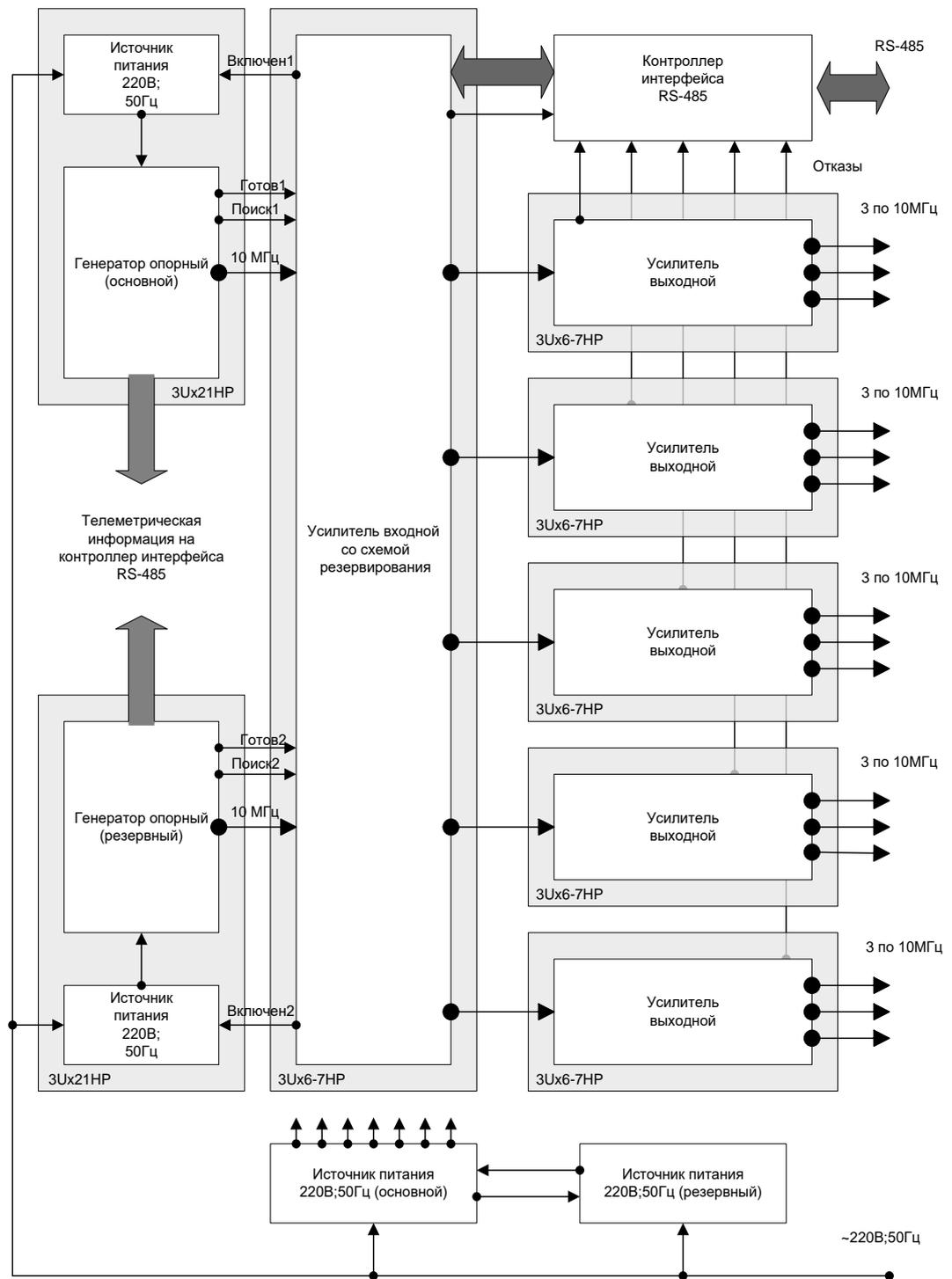


Рисунок 4.2 – Структурная схема генератора опорного рубидиевого RRS-002.

4.6 Описание и работа составных частей прибора

4.6.1 Генератор опорный RRO-103 РУГА.411653.004

Блок генератора опорного RRO-103 предназначен для работы в составе генератора опорного рубидиевого RRS-002. Структурная схема генератора опорного RRO-103 приведена на рисунке 4.3. Генератор опорный RRO-103 смонтирован в кассете высотой 3U, имеет разъём для подключения к внешним устройствам, разъём подключения питания 220 В, разъём контроля сигнала 10 МГц и включает в себя следующие устройства:

- А1 – генератор опорный RRO-003;
- АР1 – устройство формирования сигнала готовности;
- АР2 – устройство индикации и управления;
- АР3 – блок питания.

Генератор опорный RRO-003 предназначен для формирования синусоидального сигнала 10 МГц повышенной стабильности и сигналов управления и контроля для внешнего устройства, устройства индикации и устройства формирования сигнала готовности.

Принцип действия генератора опорного RRO-003 заключается в автоматической подстройке частоты (АПЧ) кварцевого генератора к значению частоты, определяемому линией двойного радиооптического резонанса атомов изотопа рубидия-87 (Rb^{87}). При этом кратковременная нестабильность частоты выходного сигнала 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, характеризующаяся систематическим изменением частоты прибора за один месяц, становится сравнима со стабильностью резонансной частоты атомов Rb^{87} и реализуется на уровне $(1-5) \cdot 10^{-11}$, что на (2-3) порядка лучше, чем у «свободного» (неуправляемого) кварцевого генератора.

Структурная схема основных узлов генератора RRO-003 приведена на рисунке 4.4. Сигнал кварцевого генератора с частотой 10 МГц поступает в умножитель 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 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.

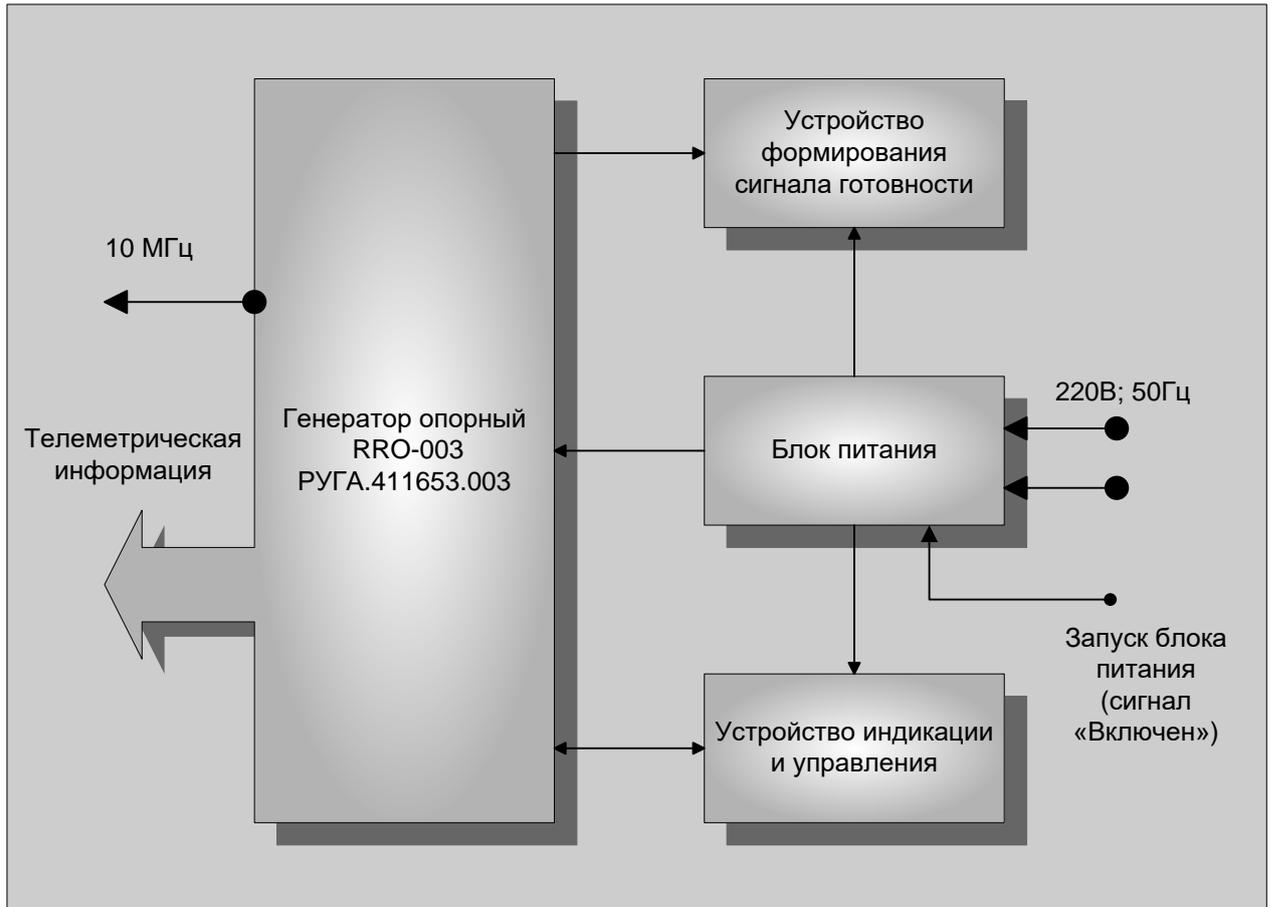


Рисунок 4.3 – Структурная схема генератора опорного RRO-103.

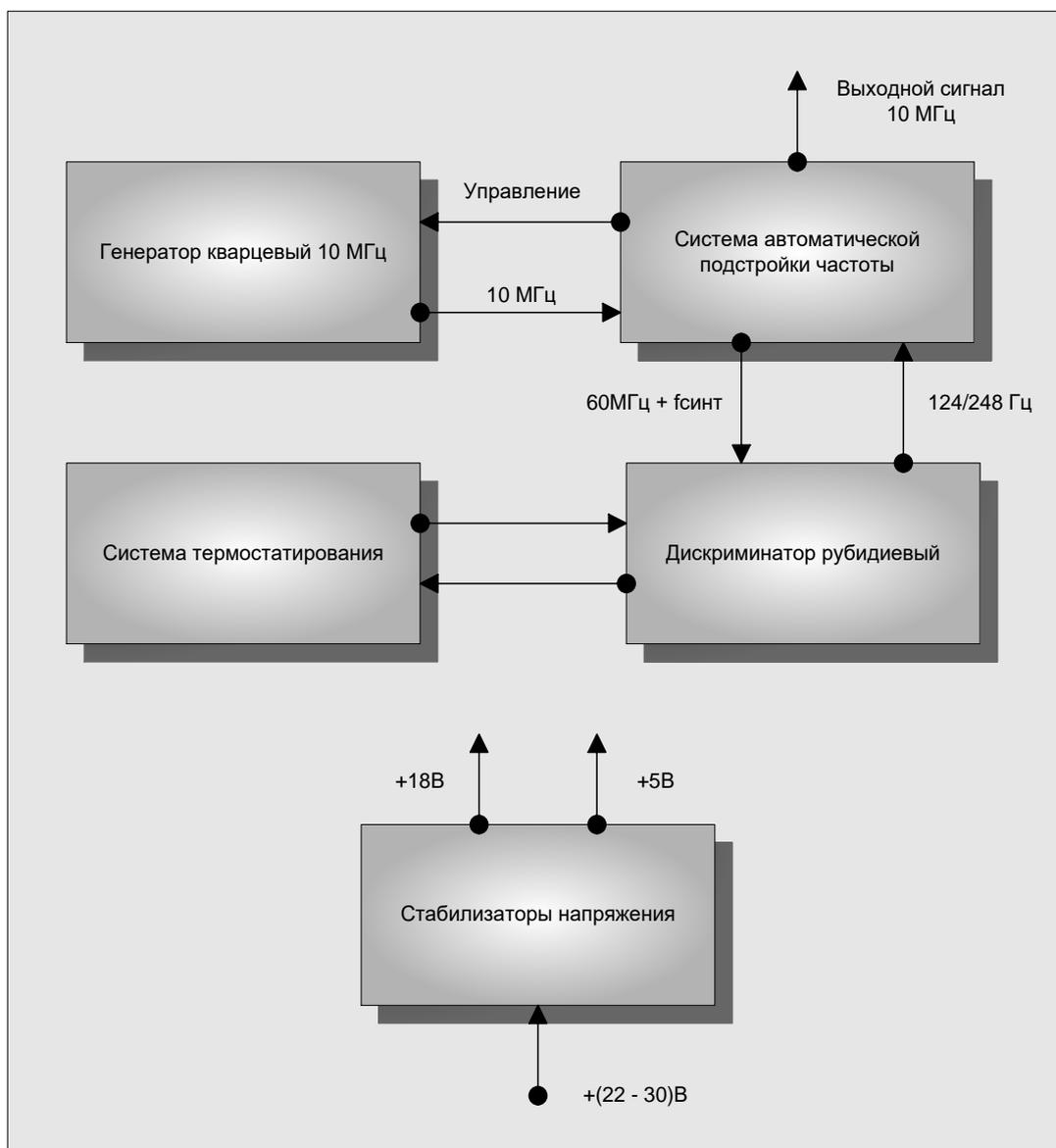


Рисунок 4.4 – Структурная схема основных узлов генератора RRO-003.

На рисунке 4.4 показаны также система термостатирования рубидиевого дискриминатора и стабилизаторы напряжения, входящие в состав генератора.

На рисунке 4.5 приведена подробная структурная схема генератора RR0-003. Буферный усилитель, синтезатор частоты 5,31746 МГц и умножитель частоты (10-60) МГц образуют высокочастотную часть системы АПЧ. Усилитель предварительный, усилитель селективный 124 Гц, модулятор 124 Гц, синхронный детектор и интегратор образуют низкочастотную часть системы 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 рубидиевом дискриминаторе.

Устройство формирования сигнала готовности формирует сигнал готовности блока генератора опорного из сигналов управления и передает его на усилитель входной со схемой резервирования для анализа работоспособности блока. Сигнал готовности появляется в течение 15 мин с момента включения генератора. При пропадании сигнала готовности по истечении времени прогрева происходит переключение прибора на резервный блок генератора опорного.

Устройство индикации и управления сигнализирует светодиодом зеленого цвета о включении блока генератора опорного и позволяет осуществлять подстройку частоты потенциометром «>0<», расположенным на передней панели блока.

Блок питания осуществляет преобразование напряжения сети 220 В, 50 Гц в постоянное напряжение + 24 В и состоит из преобразователя AC/DC со стабилизатором напряжения + 24 В и сетевого фильтра для подавления помех в сети 220 В. Блок питания позволяет включать RRO-103 низковольтным сигналом с усилителя входного от схемы резервирования через разъём X4.

4.6.2 Усилитель входной RRA-101 РУГА.468710.003

Усилитель входной со схемой резервирования RRA-101 предназначен для коммутации, предварительного усиления и распределения сигналов частотой 10 МГц, поступающих от блоков генераторов опорных RRO-103, а так же для автоматического включения резервного генератора опорного при поступлении сигнала «отказ» от активного генератора и подключения сигнала 10 МГц от резервного кварцевого генератора на время прогрева резервного опорного генератора. Структурная схема усилителя приведена на рисунке 4.6.

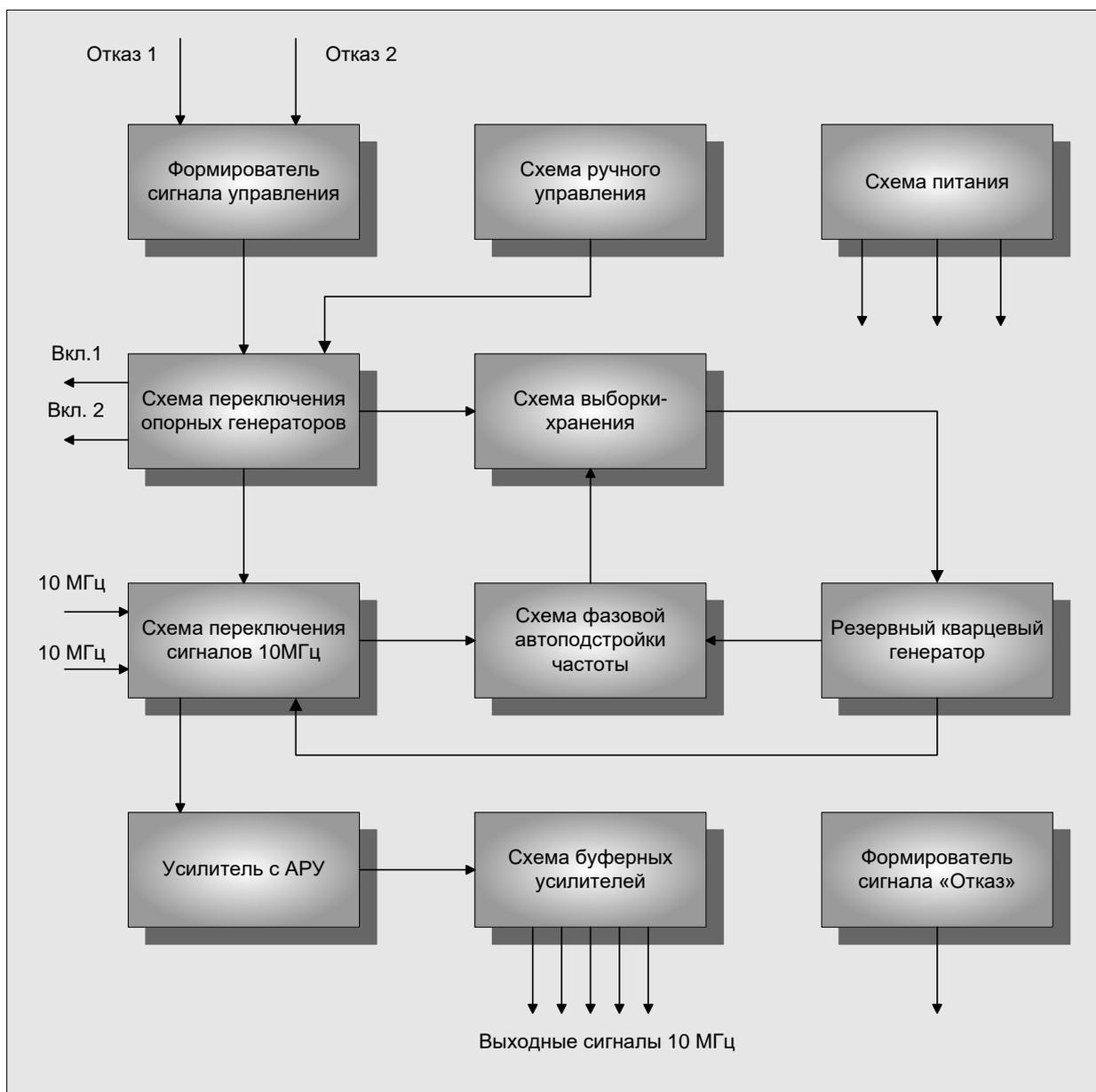


Рисунок 4.6 – Структурная схема усилителя входного со схемой резервирования RRA-101.

В состав усилителя входного входят следующие устройства:

- формирователь сигнала управления (D9:1, D9:2, D11:3);
- схема переключения опорных генераторов (D13:2, D10:5, D10:6);
- схема переключения сигналов 10 МГц (S2, S3, S4, S5);
- усилитель с автоматической регулировкой усиления (VT3, VT5, VT8, D4);
- схема ручного управления (D13:1, D15:1, D11:3, S1);
- схема выборки-хранения (D1, D2, D3);
- схема фазовой автоподстройки частоты (VT10, VT11, D7, D8);
- схема буферных усилителей (VT2, VT4, VT6, VT7, VT9);
- схема питания (D16, D19);
- кварцевый генератор (A1);
- формирователь сигнала «отказ» (VT12, VT13, D17, D18, D20, D21, VD6).

При включении напряжения питания схема переключения опорных генераторов автоматически выдает логический сигнал на включение блока питания опорного генератора, бывшего активным при последнем выключении прибора. Сигнал частотой 10 МГц от активного опорного генератора поступает на схему переключения сигналов 10 МГц, которая коммутирует его на схему фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) и усилитель с автоматической регулировкой усиления (АРУ). Усилитель с АРУ обеспечивает выходное напряжение сигнала 10 МГц на уровне 0,5 В при изменении входного напряжения в пределах (0,5–1,5) В. С выхода усилителя с АРУ сигнал 10 МГц поступает на схему буферных усилителей, которая обеспечивает распределение сигнала 10 МГц для работы выходных усилителей. Схема ФАПЧ вырабатывает сигнал рассогласования, пропорциональный разности частот сигналов 10 МГц, поступающих на входы схемы ФАПЧ от активного опорного генератора и кварцевого генератора. Этот сигнал через схему выборки-хранения, работающую в режиме выборки, поступает на вход управления частотой кварцевого генератора, и таким образом частота кварцевого генератора постоянно отслеживает частоту опорного генератора.

При поступлении сигнала «отказ» от активного опорного генератора схема переключения опорных генераторов выдает логический сигнал на включение блока питания резервного опорного генератора, снимает сигнал включения с активного опорного генератора и переводит схему выборки-хранения в режим хранения, запоминая напряжение сигнала на входе управления частотой кварцевого генератора, а схема переключения сигналов 10 МГц подключает к усилителю с АРУ сигнал 10 МГц резервного кварцевого генератора. Таким образом, на выходе усилителя входного действует сигнал 10 МГц кварцевого генератора, отклонение частоты которого относительно частоты сигнала 10 МГц отключенного опорного генератора не должно превышать $\pm 1 \cdot 10^{-9}$ за время прогрева резервного опорного генератора.

По истечении времени прогрева резервного опорного генератора, что составляет не более 15 мин при окружающей температуре плюс 20 °С, от опорного генератора поступит сигнал «готов» и схема переключения сигналов 10 МГц подключит сигнал 10 МГц опорного генератора к входу усилителя с АРУ. Схема выборки-хранения перейдет в режим выборки, а кварцевый генератор синхронизируется по частоте сигнала 10 МГц резервного, а теперь уже активного опорного генератора. Во время синхронизации резервного кварцевого генератора по активному опорному генератору, схема формирования сигнала «отказ» выдает сигнал отказа, который снимается по достижении синхронизации, что является нормой и не может быть основанием для замены входного усилителя. Схема ручного управления позволяет оперативно переключать опорные генераторы 1 и 2 с помощью кнопки, расположенной на панели кассеты усилителя входного. Схема питания обеспечивает стабилизированные напряжения + 12 В и - 12 В для питания узлов усилителя входного. Формирователь сигнала «отказ» обеспечивает включение светодиода «отказ» красного цвета, расположенного на панели кассеты усилителя входного, при неисправности усилителя входного, а так же при невозможности синхронизировать частоту сигналов 10 МГц активного рубидиевого генератора и резервного кварцевого генератора.

4.6.3 Усилитель выходной RRA-102 РУГА.468710.004

Усилитель выходной RRA-102 имеет в своем составе три независимых канала усиления сигнала, собранных по одной схеме с общим входным сигналом. Каждый канал усиления состоит из трех каскадов. Первый каскад – эмиттерный повторитель (транзисторы VT1, VT2, VT3) обеспечивает высокое входное сопротивление усилителя и служит для согласования выходных каскадов предварительного усиления с основными усилительными каскадами выходного усилителя. Основное усиление сигнала обеспечивает второй каскад, собранный по каскадной схеме общий эмиттер – общая база (транзисторы VT4... VT9). Каскады, собранные по каскадной схеме, отличаются стабильностью коэффициента усиления, устойчивостью и низкими шумовыми характеристиками. Двухтактный эмиттерный повторитель выходного каскада (транзисторы VT10...VT15) обеспечивает усиление сигнала по мощности для работы на низкоомную нагрузку. Режим работы транзисторов определяется смещенными в прямом направлении диодами VD10...VD15 и резисторами R50, R53, R56. Такая схема построения усилителя обеспечивает низкий уровень собственных шумов и высокую температурную стабильность фазы выходного сигнала.

Выходной сигнал усилителя детектируется диодами VD16... VD18 и подается на схему контроля, собранную на микросхемах D1... D3 и транзисторе VT16. При падении уровня выходного сигнала ниже 0,5 В хотя бы на одном из выходов усилителя, схема контроля обеспечивает формирование сигнала «отказ». Одновременно с появлением сигнала «отказ» загорается светодиод красного цвета на панели усилителя и на передней панели прибора.

4.6.4 Блок питания РУГА.436230.003

Предназначен для обеспечения узлов и блоков прибора напряжениями питания + 15 В, - 15 В и + 5 В, формируемыми из входного напряжения сети переменного тока 220 В, 50 Гц. Блок разработан на основе модулей питания трех типов:

– МПС60Е – преобразователь переменного напряжения сети 220 В в постоянное напряжение + 24 В;

– МПВ6С – преобразователь постоянного напряжения + 24 В в постоянные напряжения + 15 и - 15 В;

– МПВ6В – преобразователь постоянного напряжения + 24 В в постоянное напряжение + 5 В.

Для увеличения надежности блока каждое формируемое напряжение создается двумя модулями работающими по схеме двойного горячего резервирования. Для снижения уровня пульсаций выходных напряжений, на каждом выходе применен сглаживающий фильтр (дроссели L2...L4, конденсаторы C20...C25). Встроенный сетевой фильтр (дроссель L1, конденсаторы C1...C5) призван обеспечить минимальные помехи в сеть переменного тока. Конструктивно блок питания изготовлен в закрытом алюминиевом корпусе, являющемся одновременно электромагнитным экраном и теплоотводом для модулей питания.

4.6.5 Контроллер интерфейса RS-485 РУГА.467410.001

Главным элементом схемы является микроконтроллер D6 типа C8051F020. Контроллер интерфейса работает следующим образом. При включении питания или после нажатия кнопки «Сброс» из Flash-памяти в ОЗУ микроконтроллера заносится установленный логический адрес блока генератора опорного и выдается импульс с нулевым логическим уровнем на включение генератора, который был активен в момент последнего выключения прибора. В течение последующих десяти секунд контроллер не исполняет команды от внешнего управляющего устройства на переключение опорных генераторов.

После включения одного из опорных генераторов начинается непрерывный опрос состояния дискретных входных сигналов от узлов прибора с частотой, задаваемой внутренним таймером микроконтроллера (около 20 Гц). При этом состояния, указывающие на отказы отдельных узлов, запоминаются. С той же частотой опрашивается, преобразуется в цифровой 12-разрядный код, вводится в микроконтроллер и далее выводится в аналоговом виде сигнал «Статизм ФАПЧ» (выходной сигнал «Память»).

По командам от внешнего управляющего устройства через интерфейс RS-485 (или RS-232) происходит выдача состояния дискретных сигналов, относительных уровней трёх аналоговых сигналов и переключение опорных генераторов. Номер активного опорного генератора сохраняется при выключении. Также по запросам контроллер сообщает заводской серийный номер прибора и состояние счетчика наработки. Полный перечень команд с указанием их форматов и возможных форматов ответных сообщений приведен в Приложении.

Дискретные сигналы поступают на вход портов P1 и P2 микроконтроллера через инверторы-триггеры Шмидта D4 и D5. Входы десяти инверторов подтянуты к напряжению + 5 В через наборы резисторов D1 и D2. Таким образом, источником сигнала по этим входам могут быть схемы с открытым коллектором/стоком или простое замыкание контакта на корпус. Входы двух нижних по схеме инверторов подключены к делителям напряжения и сигналом по этим входам может быть логический уровень ТТЛ или КМОП. При таком включении дискретных сигналов, отсутствие какого-либо узла (кассеты) воспринимается контроллером как отказ соответствующего блока.

Пять аналоговых сигналов поступают на входы AIN0.0 ÷ AIN0.4 микроконтроллера через делители напряжения, приводящие уровни этих сигналов к уровню опорного напряжения АЦП 2,4 В.

К порту P5 микроконтроллера подключен переключатель S1, с помощью которого может быть установлен логический адрес рубидиевого опорного генератора RRS-002 в сети в пределах 0 ÷ 255. Движок переключателя с номером 1 соответствует старшему разряду адреса, а движок с номером 8 – младшему. Положение «ON» соответствует уровню логического нуля. Ввод установленного логического адреса происходит при включении питания или при нажатии на кнопку сброса S2. Через микросхему D7 выводятся сигналы с уровнем ТТЛ или КМОП для переключения генераторов. Схемой интерфейса между каналом UART0 микроконтроллера и четырёхпроводным интерфейсом RS-485 является микросхема D10.

Для обеспечения возможности подключения к стандартному последовательному порту RS-232 персонального компьютера установлены микросхема D9 и разъём X4. Для работы с этим интерфейсом следует перед включением прибора установить джамперы S3 в крайнее правое положение. Переключение на работу через порт RS-485 производится установкой джамперов S3 в левое положение (в сторону разъёма «RS-485»).

Через микросхему D8 выводится напряжение в диапазоне от 0 до + 5 В, пропорциональное напряжению «Статизм ФАПЧ» с выхода ЦАП микроконтроллера. Через разъём X3 возможно управление дополнительным устройством по протоколу канала RS-232 через второй последовательный канал микроконтроллера. Перестановкой перемычки на разъёме X2 может включаться или выключаться режим автоматического сброса микроконтроллера при понижении напряжения питания ниже + 2,7 В. Микросхема D11 служит для получения напряжения питания + 3,3 В микросхем D4, D5, D6, D9, D10 из напряжения + 5 В.

4.7 Конструкция

Генератор опорный рубидиевый RRS-002 выполнен в экранированном корпусе стандарта «Евромеханика 19» семейства «Ratiopac» фирмы «Schroff» с высотой блока 4U. Все основные узлы прибора, за исключением блока питания и контроллера интерфейса RS-485, для облегчения обслуживания выполнены в виде вставных блоков (кассет). Кассеты вставляются в корпус по направляющим со стороны задней панели. Ответные части разъемов для стыковки кассет установлены на кросс-плате. Различные типы примененных в кассетах разъемов делают невозможным установку кассеты в «чужой» отсек. В передней части корпуса расположены блок питания и плата индикации состояния. В задней части корпуса прибора, непосредственно под отсеком для размещения кассет размещен контроллер интерфейса RS-485. Разъем для связи по интерфейсу RS-485 выведен наружу через отверстие в задней панели прибора. Под расположенной справа панелью размещены джамперы для выбора типа интерфейса, разъем интерфейса RS-232, кодовый переключатель логического адреса прибора в сети и кнопка сброса контроллера. Схема расположения узлов прибора приведена на рисунке 4.7.

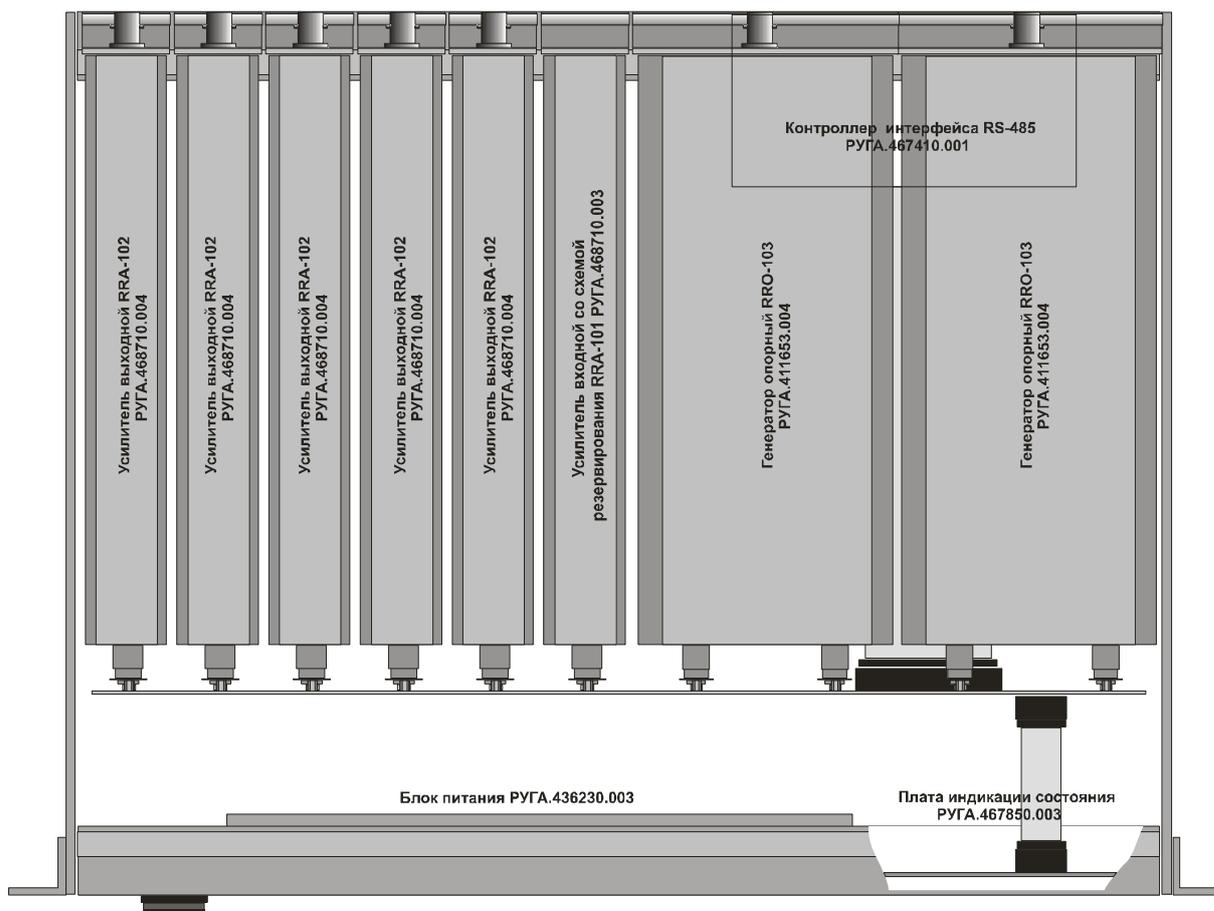


Рисунок 4.7 – Схема расположения узлов прибора. Вид сверху.

5 Подготовка прибора к работе

5.1 Эксплуатационные ограничения

5.1.1 При эксплуатации прибора температура на корпусе не должна превышать плюс 55 °С.

5.1.2 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 выходных сигналов.

5.2 Распаковывание и повторное упаковывание прибора

5.2.1 Распаковывание прибора производится следующим образом:

- снимите пломбы, 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 Упаковывание 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;
- закрепите гвоздями верхнюю крышку транспортного ящика 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 Положение прибора должно обеспечивать удобное соединение с источниками сигналов, исключающее возникновение механических повреждений в ВЧ кабелях и присоединительных элементах.

5.4 Подготовка к работе

5.4.1 Перед началом эксплуатации внимательно изучите руководство по эксплуатации прибора, обращая особое внимание на меры предосторожности и назначение органов управления и контроля.

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.

6 Порядок работы

6.1 Меры безопасности при работе с прибором

6.1.1 В приборе используются опасные для жизни напряжения питания, поэтому выполнение требований этого раздела обязательно. При соблюдении всех указанных в этом разделе мер прибор полностью безопасен для потребителя.

6.1.2 Прибор допускает замену вставных блоков (кассет) при включенном напряжении питания. При замене вставных блоков (кассет) на включенном приборе следует соблюдать особую осторожность, не допускать перекосов, не прикладывать чрезмерных усилий при извлечении и установке. Ни при каких условиях на включенном приборе не вносите руки и инструмент в открытые отсеки для установки кассет.

6.1.3 Перед каждым включением прибора в сеть проверяйте наличие и исправность линии защитного заземления. Работа с прибором без защитного заземления недопустима.

6.1.4 Старайтесь выполнить все кабельные подключения до включения питания прибора.

6.2 Органы управления, подключения и индикации

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

Таблица 6.1

Позиция на рис. 6.1	Маркировка	Назначение
Задняя панель		
1	«-0-»	Индикатор зеленого цвета свечения. Указывает на включенное состояние опорного генератора RRO-103.
2	«>0<»	Потенциометр. Коррекция частоты опорного генератора.
3	«-0-»	Индикатор красного цвета свечения. Указывает на аварийное состояние входного усилителя RRA-101.
4	«Активность» «1  2»	Индикаторы зеленого цвета свечения. Указывают номер активного опорного генератора. Включенное состояние среднего индикатора говорит о том, что выходные сигналы формируются от резервного кварцевого генератора.
5	«-0-»	Индикатор красного цвета свечения. Указывает на аварийное состояние выходного усилителя RRA-102, либо на падение напряжения выходного сигнала ниже уровня 0,5 В хотя бы на одном из выходов.
6	«1↔2»	Кнопка без фиксации. Ручное переключение опорных генераторов.
7	«  10 MHz»	Высокочастотные разъемы. Выход высокочастотного сигнала 10 МГц.

Продолжение таблицы 6.1

Позиция на рис. 6.1	Маркировка	Назначение
Задняя панель		
8	« $\approx 220V$ 50Hz 90VA»	Сетевой разъём. Питание от сети переменного напряжения 220 В.
9	«F1/2 5AF»	Предохранители 5 А по сети переменного напряжения 220 В.
10	« \odot 10 MHz»	Высокочастотный разъём. Контрольный выход высокочастотного сигнала 10 МГц с опорного генератора.
11		Кнопка без фиксации. Сброс контроллера интерфейса RS-485. (Используется при настройке)
12		Переключатель. Установка логического адреса прибора в сети. (Заводская установка – 11h)
13		Разъём типа DB-9F. Последовательный интерфейс типа RS-232 для связи прибора с персональным компьютером.
14		Джамперы. Выбирают тип интерфейса для связи между RS-485 и RS-232. Должны быть установлены в сторону соответствующего разъема. (Заводская установка – RS-485)
15	«RS-485»	Разъём типа DB-9F. Последовательный интерфейс типа RS-485.
Передняя панель		
16	«СЕТЬ»	Индикатор зеленого цвета свечения. Указывает на включенное состояние прибора.
17	«Состояние RRO-103»	Индикаторы зеленого цвета свечения. Указывают на то, что соответствующий генератор включен и готов к работе в отличие от индикатора на панели генератора RRO-103, который указывает лишь на включенное состояние блока.
18	«Состояние RRA-101»	Индикатор красного цвета свечения. Указывает на аварийное состояние усилителя входного RRA-101.
19	«Состояние RRA-102»	Индикаторы красного цвета свечения. Указывают на аварийное состояние соответствующего усилителя выходного RRA-102.
20	« I 0 »	Выключатель. Включение питания прибора. Исходное положение – «0» (выключено).

Назначение контактов разъема «RS-485» приведено в таблице 6.2.

Таблица 6.2

Номер контакта	Цепь	Назначение
1	GND	Корпус прибора. Уровень нулевого потенциала.
4	TxA	Линия А передатчика.
5	TxB	Линия В передатчика.
8	RxA	Линия А приемника.
9	RxB	Линия В приемника.

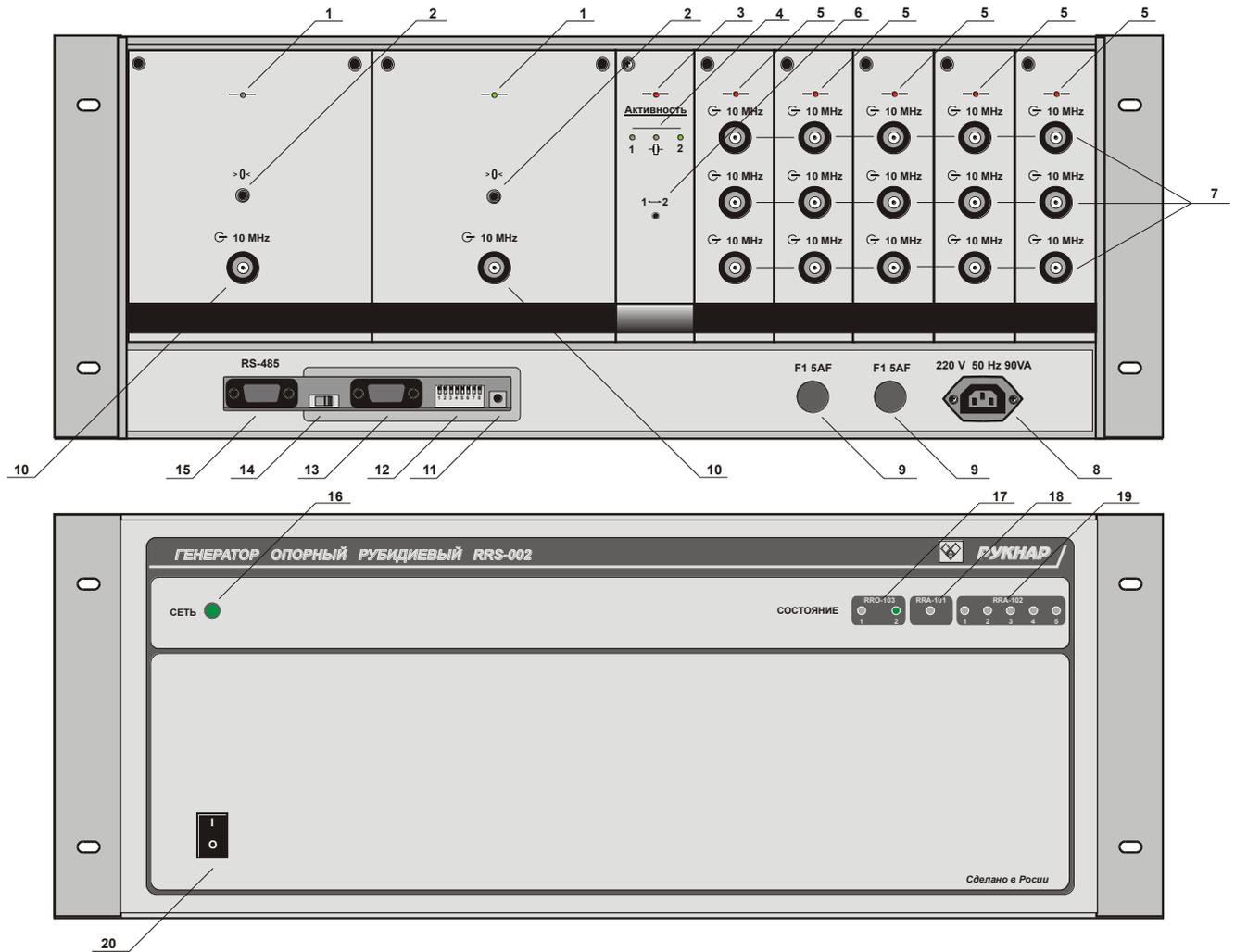


Рисунок 6.1 – Расположение органов управления и присоединительных разъемов генератора опорного RRS-002.

6.3 Подготовка к проведению измерений

6.3.1 Убедитесь в соответствии условий применения прибора условиям, приведенным в таблице 4.1.

6.3.2 Проверьте наличие и исправность линии защитного заземления и подключите прибор к сети питания переменного тока напряжением (220 ± 22) В и частотой по ГОСТ 13109. **Не используйте для подключения прибора к сети переходники, не имеющие контакта защитного заземления!**

6.4 Проведение измерений

6.4.1 Используя высокочастотные кабели, соедините выходные разъемы прибора с входными разъемами устройств, использующих его сигнал в качестве опорного. Не используйте при работе сигналы с разъемов « 10 MHz» генераторов опорных RRO-103. Эти разъемы выполняют контрольные функции.

6.4.2 Снимите панель, расположенную справа от разъема «RS-485», и установите адрес прибора в сети, если это необходимо. Помните, что уровню логической единицы соответствует верхнее положение переключателя. Заводская установка адреса соответствует значению 11h. Установите панель на место и подключите кабель от внешнего управляющего устройства к разъему «RS-485».

При работе прибора со стандартным последовательным портом персонального компьютера RS-232 следует на выключенном приборе переставить джамперы, расположенные под панелью в крайнее правое положение (в сторону разъема «RS-232»). После этого вы можете соединить разъем «RS-232» прибора с последовательным портом компьютера модемным кабелем. При этом порт RS-485 будет отключен.

6.4.3 Включите питание прибора выключателем, расположенным на передней панели прибора. При этом загорается зелёный светодиод «СЕТЬ» (поз. 16 рисунка 6.1). На задней панели прибора должен загореться светодиод включения одного из опорных генераторов RRO-103 (поз. 1 рисунка 6.1) (того, который был активен в момент последнего выключения прибора), а также светодиод, соответствующий включенному опорному генератору, и светодиод «» индикатора «Активность» (поз. 4 рисунка 6.1). По истечении времени прогрева опорного генератора (около 15 мин в нормальных условиях) светодиод «» должен погаснуть, а светодиод отказа усилителя входного RRA-101 на передней панели прибора (поз. 18 рисунка 6.1) загореться, что свидетельствует о начале работы схемы ФАПЧ резервного кварцевого генератора. После того как светодиод отказа усилителя RRA-101 погаснет и загорится один из светодиодов контроля работоспособности опорных генераторов RRO-103 (поз. 17 рисунка 6.1) прибор можно считать готовым к работе.

6.4.4 После этого прибор можно использовать как источник опорного сигнала с относительным отклонением частоты $\pm 1 \cdot 10^{-9}$. При проведении измерений с более высокой точностью следует прогреть прибор в течение 2 ч.

7 Калибровка прибора

7.1 Общие сведения

7.1.1 Настоящий раздел устанавливает порядок, методы и средства калибровки генератора опорного рубидиевого RRS-002.

7.1.2 Порядок организации и проведения калибровки должен соответствовать установленному в ПР 50.2.016.

7.2 Операции и средства калибровки

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

Таблица 7.1

Наименование операции	Номер пункта проверки	Рекомендуемое средство измерения (наименование, тип)	Основные технические характеристики средства измерения
1	2	3	4
1 Внешний осмотр	7.4.2		
2 Проверка функционирования прибора	7.4.3		
3 Определение метрологических характеристик прибора:	7.4.4		
- относительной погрешности по частоте выходных синусоидальных сигналов	7.4.4.1	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 мес. непрерывной работы	7.4.4.2	Стандарт частоты и времени водородный Ч1-1007 Компаратор частотный ЧК7-1011	Нестабильность частоты за 1 сут $4 \cdot 10^{-15}$ Погрешность измерения за 10 с $\pm 5 \cdot 10^{-13}$

Продолжение таблицы 7.1

1	2	3	4
- среднеквадратиче- ского относительного двухвыборочного от- клонения частоты за 1 с, 10 с и 100 с	7.4.4.3	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 выходных сигналов	7.4.4.4	Милливольтметр цифровой ВЗ-52/1	Диапазон напряжений от 3 мВ до 300 В, погрешность $\pm 4 \%$

Примечания:

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

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

7.3 Условия калибровки и подготовка к ней

7.3.1 При проведении калибровки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающей среды, $^{\circ}\text{C}$ $+ 20 \pm 2$;
- относительная влажность воздуха, % 65 ± 15
- атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.) $84\text{--}106$ ($630\text{--}795$);
- напряжение сети питания, В $220 \pm 4,4$;
- частота сети питания по ГОСТ 13109.

ПРИМЕЧАНИЕ: допускается проведение калибровки 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 калибровке в соответствии с разделами 3, 5.4 и 6.3 настоящего руководства.

7.4 Проведение калибровки

7.4.1 Проверка 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.

Приборы, имеющие дефекты, бракуются и направляются в ремонт.

7.4.3 Проверку функционирования прибора проводят в соответствии с разделом 6.4.3 настоящего руководства для оценки его исправности без применения средств калибровки. Неисправные приборы бракуются и направляются в ремонт.

7.4.4 Определение метрологических характеристик прибора

7.4.4.1 Определение относительной погрешности по частоте выходных синусоидальных сигналов проводят при подключении приборов согласно схеме, приведенной на рисунке 7.1.

При этом на компараторе частотном ЧК7-1011 устанавливают следующие параметры измерений: время усреднения – 10 с, длительность цикла измерений – 200, частота входного сигнала – 10 МГц. 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 активного опорного генератора RRO-103 потенциометром «>0<» 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.

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 сут.

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

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

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 сут ν по формуле

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

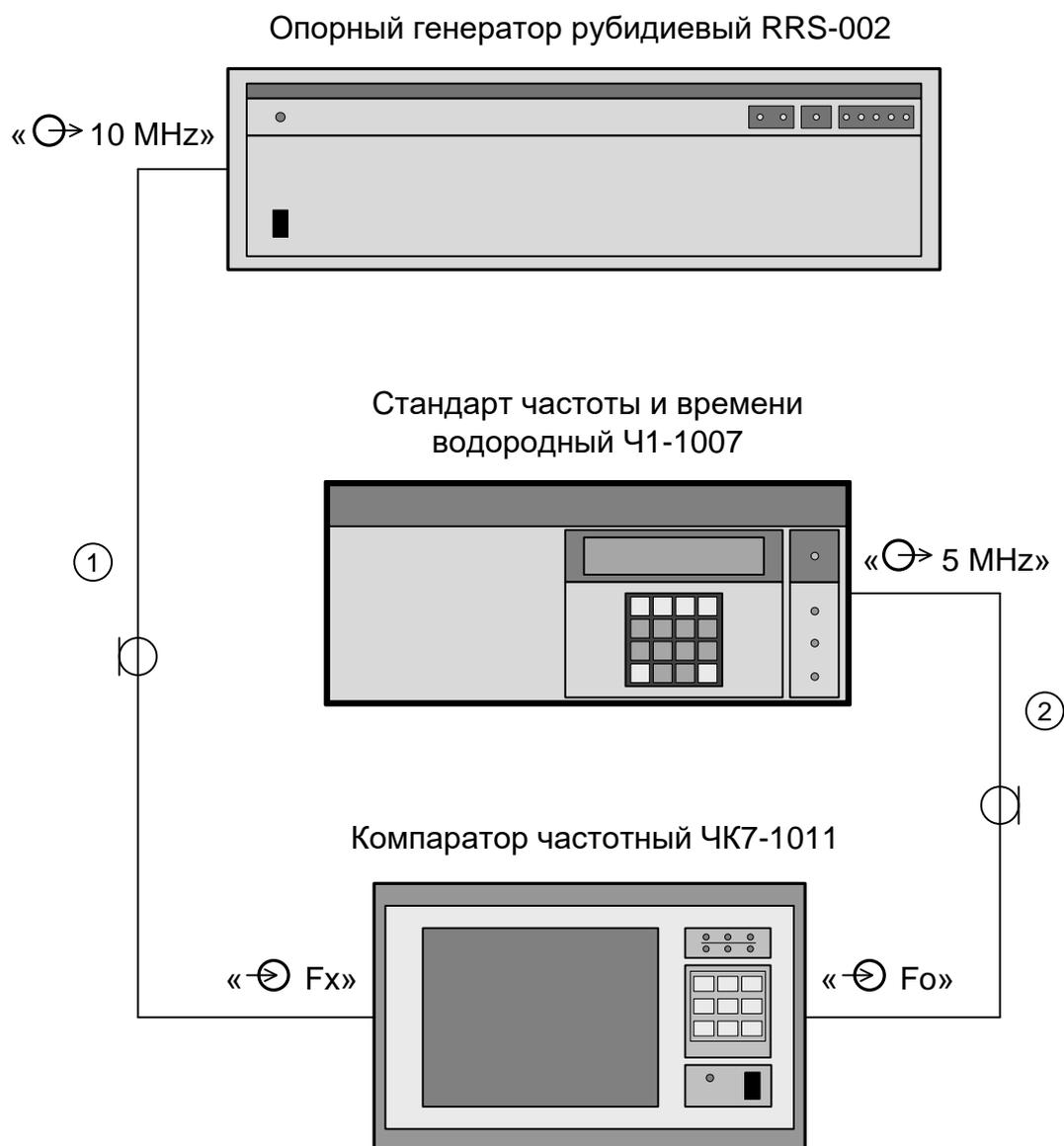


Рисунок 7.1 – Схема электрическая подключения приборов для определения относительной погрешности по частоте выходных синусоидальных сигналов, систематического относительного изменения частоты за 1 мес. и среднеквадратического относительного двухвыборочного отклонения частоты за 1 с, 10 с и 100 с.

1 – ВЧ кабель РУГА.685661.003,
 2 – ВЧ кабель РУГА.685661.003-01. Входят в состав комплекта ЧК7-1011.

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

$\frac{\overline{\Delta f_i}}{f_0}$ – 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 ν в соответствии с выражением $\nu_{\text{мес}} = 30\nu$.

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

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.

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. 4.4.5.

7.4.4.4 Определение среднеквадратического значения напряжения выходных сигналов проводят путем измерения напряжения на всех высокочастотных выходах прибора (усилителей выходных RRA-102) при помощи милливольтметра ВЗ-52/1 на подключенной нагрузке 50 Ом.

Результаты проверки считают удовлетворительными, если полученные значения напряжения выходных сигналов находятся в пределах $(1,0 \pm 0,2)$ В.

7.4.4.5 После завершения операций проверки с помощью кнопки «1↔2», расположенной на задней панели прибора (поз. 6 рисунка 6.1), переключают питание с активного генератора опорного RRO-103 на резервный и проводят повторную проверку характеристик прибора по п.п. 7.4.4.1–7.4.4.3.

7.5 Оформление результатов калибровки

7.5.1 Положительные результаты калибровки оформляют в порядке, установленном в метрологической службе, выполняющей калибровку в соответствии с ПР 50.2.016.

7.5.2 Приборы, не прошедшие калибровку (имеющие отрицательные результаты калибровки), признаются непригодными к эксплуатации.

8 Техническое обслуживание

8.1 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.

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

8.3 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.

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

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

8.5 При хранении прибора проводятся следующие виды обслуживания:

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

8.6 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"> - провести внешний осмотр согласно п. 5.3.1; - проверить функционирование согласно п. 6.4.3; - устранить выявленные недостатки. 		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"> - выполнить все операции ЕТО; - проверить комплектность; - устранить выявленные недостатки; - проверить правильность ведения эксплуатационной документации. 		При постановке на кратковременное хранение.
ТО-2	<ul style="list-style-type: none"> - выполнить все операции ТО-1; - устранить выявленные недостатки; - промыть мягкой кистью контакты разъемов; - провести периодическую поверку; - упаковать прибор согласно п. 5.2.2. 	Спирт этиловый 30 г	Совмещается с периодической поверкой и при постановке на длительное хранение.
ТО-1х	<ul style="list-style-type: none"> - проверить наличие на месте хранения; - провести внешний осмотр состояния упаковки; - проверить состояние учета и условий хранения. 		1 раз в год
ТО-2х	<ul style="list-style-type: none"> - выполнить все операции ТО-1х; - распаковать прибор согласно п. 5.2.1; - вскрыть прибор; - проверить соответствие комплектующих изделий срокам службы или хранения; - закрыть прибор; - провести поверку; - проверить состояние эксплуатационной документации; - сделать отметку в формуляре о выполненных работах; - упаковать прибор согласно п. 5.2.2. 		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. Допускается замена пользователем неисправных вставных блоков (кассет) на блоки из состава ЗИП с последующей отправкой неисправных блоков на предприятие-изготовитель для ремонта.

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 Диагностика отказов и указания по устранению неисправностей

9.3.1 Прибор имеет встроенные элементы контроля работоспособности и индикации отказов. О состоянии прибора можно судить по светодиодам, расположенным на передней панели прибора и на панелях вставных блоков (кассет), а также по сообщениям, выдаваемым прибором в ответ на запрос состояния через интерфейс RS-485 в соответствии с Приложением. Возможные комбинации светодиодов с указанием состояния прибора и рекомендуемой последовательности действий приведены в таблице 9.1.

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.

Таблица 9.1

Передняя панель прибора					Панель RRO-103 №1	Панель RRO-103 №2	Панель RRA-101			Панель RRA-102 №1 - 5	Состояние прибора. Рекомендуемая последовательность действий.	
СЕТЬ	Состояние RRO-103 №1	Состояние RRO-103 №2	Состояние RRA-101	Состояние RRA-102 №1 - 5				1		2		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Выключен. Проверить состояние выключателя питания прибора, наличие сети, состояние предохранителей на задней панели прибора, состояние разъема питания.
⊗	-	-	-	-	⊗	-	-	⊗	⊗	-	-	Режим прогрева опорного генератора RRO-103.
⊗	⊗	-	⊗	-	⊗	-	⊗	⊗	-	-	-	Окончание режима прогрева опорного генератора RRO-103. Если прибор прогрет, вероятно отказ усилителя RRA-101. Заменить усилитель.
⊗	-	⊗	⊗	-	-	⊗	⊗	-	-	⊗	-	Отказ соответствующего усилителя выходного RRA-102. Заменить усилитель.
⊗	⊗	-	-	⊗	⊗	-	-	⊗	-	-	⊗	
⊗	⊗	-	-	⊗	⊗	-	-	⊗	-	-	-	Плохой контакт во входном разъеме соответствующего усилителя выходного RRA-102. Проверить состояние разъема, подтянуть винты фиксации кассеты, заменить усилитель.
⊗	-	⊗	-	⊗	-	⊗	-	-	-	⊗	-	Отказ усилителя входного RRA-101. Заменить усилитель.
⊗	-	⊗	-	⊗	-	-	-	-	-	-	⊗	
⊗	-	-	⊗	⊗	-	-	-	-	-	-	-	Плохой контакт во входном разъеме усилителя входного RRA-101. Проверить состояние разъема, подтянуть винты фиксации кассеты, заменить усилитель.
⊗	⊗	-	-	-	⊗	-	-	⊗	-	-	-	
⊗	-	⊗	-	-	-	⊗	-	-	-	⊗	-	Прогретое состояние. Нормальная работа прибора.

(⊗) - светодиод включен; (-) - светодиод выключен.

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 50 до плюс 40 °С;
- относительная влажность воздуха до 98 % при температуре 25 °С;
- срок хранения 6 лет.

11 Транспортирование

11.1 Допускается транспортирование прибора в упаковке всеми видами транспорта при температуре окружающей среды от минус 60 до плюс 55 °С и относительной влажности воздуха до 98 % 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 и условное наименование прибора нанесены в верхней части передней панели прибора.

12.2 Заводской номер и дата изготовления прибора нанесены на шильдике на задней панели прибора.

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

12.4 Прибор, принятый ОТК, пломбируется мастичными пломбами на задней панели прибора. Нарушение целостности пломб при эксплуатации прибора не допускается. Во избежание случайного изменения частот опорных генераторов потенциометры «>0<» закрываются резиновыми заглушками.

Приложение

Протокол информационного обмена опорного генератора RRS-002 с внешним управляющим устройством по интерфейсу RS-485

Формат сообщений.

Здесь и далее **AD** – адрес прибора от 00h до FFh;

<CR> он же **0Dh** – символ возврата каретки.

1 Запрос состояния [**AD?**<**CR**>.

Возможные варианты ответных сообщений:

а) нормальная работа

]AD i jj kk ll F0<CR>, где **i** – число **1** или **2** – номер активного опорного генератора; **jj** – число от **00** до **99** – амплитуда сигнала атомного резонанса активного опорного генератора. При падении амплитуды ниже уровня **10** оператор должен принять решение о переходе на резервный опорный генератор и замене вышедшего из строя на генератор из комплекта ЗИП;

kk – число от **00** до **99** – напряжение на управляющем электроде кварцевого генератора активного опорного генератора. При приближении параметра к крайним значениям **00...05** или **95...99** оператор должен принять решение о переходе на резервный опорный генератор и замене вышедшего из строя на генератор из комплекта ЗИП;

ll – число от **00** до **99** – напряжение на управляющем электроде резервного кварцевого генератора. При приближении параметра к крайним значениям **00...05** или **95...99** оператор должен принять решение о замене на ближайших регламентных работах кассеты входного усилителя на усилитель из комплекта ЗИП;

б) отказ узла

]AD i jj kk ll Fm(m)<CR>, где назначение параметров **i**, **jj**, **kk**, **ll** см. в предыдущем пункте;

Fm(m) - (fail) - указатель отказавших узлов, где **m** – числа (по количеству отказавших блоков) от **0** до **8** обозначающие:

0 - нет отказавших узлов, нормальная работа;

1 – отказ опорного генератора 1;

2 – отказ опорного генератора 2;

3 – отказ входного усилителя;

4 – отказ выходного усилителя 1;

5 – отказ выходного усилителя 2;

6 – отказ выходного усилителя 3;

7 – отказ выходного усилителя 4;

8 – отказ выходного усилителя 5.

Примечание. При получении значений **m** равных **1** или **2** (отказ соответствующего опорного генератора), следует произвести сравнение их с параметром **i**, полученным в этом же сообщении. Неравенство этих двух параметров означает, что произведен автоматический переход на резервный опорный генератор и нет необходимости в подаче команды на переключение. Оператор в этом случае должен произвести замену отключенного опорного генератора на генератор из комплекта ЗИП. Значение **jj** при этом равно **00** означает, что резервный опорный генератор находится в режиме прогрева (около 15 мин). Параметр **kk** в режиме прогрева не должен анализироваться.

Примечание. Возможна ситуация, когда схема резервирования прибора отреагирует на отказ активного опорного генератора и отключит его раньше, чем контроллер успеет опросить узлы и узнать об отказе. В этом случае отказ опорного генератора может не регистрироваться. В данном случае, если не производилось ручное переключение генераторов, и не подавалась команда через интерфейс на переключение, смену номера активного генератора следует рассматривать как отказ генератора бывшего активным ранее.

2 Команда переключения [ADT<CR>; T - (toggle) - команда превентивного, заблаговременного переключения на резервный опорный генератор по результатам анализа параметров **jj** и **kk**, полученных в ответ на команду [AD?<CR>. Повторная подача команды на переключение возможна не ранее, чем через пять секунд.

Ответное сообщение]ADTi<CR>, где **i** – номер нового активного опорного генератора.

3 Команда сброса [ADC<CR>; C – (clear) – команда сброса содержимого регистра отказов. До поступления этой команды прибор будет хранить указатель на отказавшие блоки и выдавать его в ответ на команду [AD?<CR>, даже если причины отказа устранены.

Ответное сообщение]ADCm(m)<CR>, где **m(m)** – новое значение указателя отказавшего блока (см. п1б).

Примечание. По завершении режима прогрева активного опорного генератора, регистр отказов будет содержать указатели на соответствующий опорный генератор RRO-103 и на усилитель входной RRA-101. Это нормальная ситуация. Рекомендуется сбрасывать содержимое регистра отказов по завершении режима прогрева прибора.

4 Команда запроса серийного номера прибора [ADN<CR>; N - (number).

Ответное сообщение]ADNxxx<CR>, где **x** - целые числа от 0 до 9 формирующие уникальный серийный номер прибора.

5 Команда опроса счетчика наработки [ADW<CR>; W – (work).

Ответное сообщение]ADW xxx xxx.x<CR>, где **x** – целые числа от 0 до 9 формирующие величину наработки прибора с точностью до десятых долей часа.

б При возникновении нештатной ситуации, выражающейся в отсутствии активных опорных генераторов RRO-103 или наличии более одного активного опорного генератора RRO-103, в ответ на запрос состояния прибор выдает соответственно следующие сообщения:

]AD_NO GEN ON<CR> и

]AD_BOTH GEN ON<CR>.

При получении команды с форматом, отличающимся от вышеперечисленных, прибор формирует ответное сообщение вида:

]AD_NO VALID COMMAND<CR>.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Изм.	Номера листов (страниц)				Всего листов (страниц) докум.	№ докум.	Входящий № сопроводительного докум. и дата	Подпись	Дата
	измененных	замененных	новых	аннулированных					