

ОКП 6683170314

Утвержден  
ЯКУР.411146.014РЭ-ЛУ



КОМПАРАТОР ЧАСТОТНЫЙ  
VCH-314  
Руководство по эксплуатации  
ЯКУР.411146.014РЭ

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взамен инв.№	Инд. № дубл.	Подп. и дата

## Содержание

1	Нормативные ссылки.....	4
2	Определения, обозначения и сокращения.....	6
3	Требования безопасности.....	7
4	Описание прибора и принципов его работы.....	8
4.1	Назначение прибора .....	8
4.2	Технические характеристики.....	10
4.3	Состав комплекта поставки прибора .....	12
4.4	Устройство и принцип действия .....	12
5	Подготовка прибора к работе .....	16
5.1	Эксплуатационные ограничения.....	16
5.2	Меры безопасности.....	16
5.3	Правила осмотра прибора .....	16
6	Порядок работы.....	17
6.1	Расположение органов управления и подключения прибора .....	17
6.2	Указания по включению .....	19
6.3	Режимы измерений .....	20
6.4	Параметры и погрешности измерения.....	22
7	Поверка .....	25
8	Техническое обслуживание .....	26
9	Текущий ремонт.....	27
10	Транспортирование и хранение.....	28
11	Тара и упаковка.....	29
12	Маркирование и пломбирование.....	29
13	Утилизация .....	29
	Приложение А (обязательное) Компаратор частотный VCH-314. Методика поверки.....	30
	Приложение Б (справочное) Расчетные функции для различных режимов работы прибора .....	41

Перв. примен.	ЯКУР.411146.014									
Справ. №	VCH-314									
Подп. и дата										
Инв. № дубл.										
Взамен инв. №										
Подп. и дата										
Инв. № подл.										
	6		ЯКУР.069-2014			<b>ЯКУР.411146.014РЭ</b>				
	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					
	Разраб.	Краснояров				Компаратор частотный VCH-314		Лит.	Лист	Листов
	Пров.	Кауркин				Руководство по эксплуатации		О <sub>1</sub>	2	46
	Согл.									
	Н.контр.	Киселева								
	Утв.	Чернышев								

Руководство по эксплуатации ЯКУР.411146.014РЭ содержит сведения о конструкции, принципе действия, порядке и правилах работы, проверке технического состояния, хранении и транспортировании компаратора частотного VCH-314 (далее – прибор), позволяющие обеспечить его правильную эксплуатацию.

Состав эксплуатационной документации, поставляемой с прибором:

- Руководство по эксплуатации ЯКУР.411146.014РЭ;
- Инструкция пользователя ЯКУР.411146.014 ИП (поставляется совместно с диском ПО RU.ЯКУР.00012-01);
- Формуляр ЯКУР.411146.014ФО;

Прибор обслуживается одним пользователем с техническим образованием.

Внешний вид прибора приведен на рисунке 1.

Изготовитель ведет постоянную работу по совершенствованию прибора. В связи с этим могут иметь место схемные и конструктивные (в т.ч. по составу прибора) изменения, не ухудшающие его технических характеристик.



Рисунок 1 – Внешний вид прибора

Инв. № подл.	Подп. и дата
Взамен инв. №	Инв. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

# 1 Нормативные ссылки

ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования

ГОСТ 12.2.007.0-75 Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.3.019-80 Система стандартов безопасности труда. Испытания и измерения электрические. Общие требования безопасности

ГОСТ 14192-96 Маркировка грузов

ГОСТ 13109-97 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего применения

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

ГОСТ 427-75 Линейки измерительные металлические. Технические условия

ГОСТ В 15.307-2002

ГОСТ В 21950-76

ГОСТ В 25674-83

ГОСТ В 25803-91

ГОСТ РВ 8.560-95

ГОСТ В 9.001-72

ГОСТ В 9.003-80 ЕСЗКС.

ГОСТ ВД 9.014-80

ГОСТ Р 51318.22-2006 (СИСПР 22:2006) Совместимость технических средств электромагнитная. Оборудование информационных технологий. Радиопомехи промышленные. Нормы и методы измерений

ГОСТ Р 51288-99 Средства измерений электрических и магнитных величин.

Эксплуатационные документы

ГОСТ Р 52319-2005 Безопасность электрического оборудования для измерения управления и лабораторного применения.

ГОСТ РВ 8.576-2000

ГОСТ РВ 20.39.301-98

ГОСТ РВ 20.39.302-98

ГОСТ РВ 20.39.303-98

ГОСТ РВ 20.39.304-98

ГОСТ РВ 20.39.305-98

ГОСТ РВ 20.39.309-98

ГОСТ РВ 20.57.301-98

ГОСТ РВ 20.57.304-98

ГОСТ РВ 20.57.310-98

ОСТ4-0017-95 Приборы электронные измерительные. Организация работ по обеспечению надежности. Программы обеспечения надежности

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взамен инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	ЯКУР.411146.014РЭ	Лист
						4
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		



## 2 Определения, обозначения и сокращения

2.1 В настоящем руководстве применены следующие сокращения:

АЧХ – амплитудно-частотная характеристика;

ОРЧ – относительная разность частот;

ПО – программное обеспечение;

ПК – персональный компьютер (компьютер);

СКДО – среднее квадратическое относительное случайное двухвыборочное отклонение результата измерения частоты;

ТО-1 – техническое обслуживание №1;

ТО-2 – техническое обслуживание №2;

ФИМВ – формирователь-измеритель моментов времени;

RS-232C – обозначение последовательного компьютерного интерфейса.

2.2 В настоящем руководстве использованы следующие определения:

Программа VCH-314 – программа многоканального определения нестабильности частоты;

COM-порт – последовательный порт ПК, предназначенный для соединения ПК с внешними устройствами посредством интерфейса RS-232C.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взамен инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	ЯКУР.411146.014РЭ				Лист
									6
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					

### 3 Требования безопасности

3.1 Прибор относится к оборудованию класса I ГОСТ Р 52319-2005 по степени защиты от поражения электрическим током.

3.2 Перед началом работы необходимо внимательно изучить Руководство по эксплуатации.

**ВНИМАНИЕ !** Соединение прибора интерфейсным кабелем RS-232 с ПК производить только при отключенном питании прибора. Несоблюдение этого требования может привести к выходу из строя интерфейса прибора.

3.3 При эксплуатации прибора вилку сетевого кабеля необходимо подключать к розетке, имеющей контакт защитного заземления. При отсутствии в сети защитного заземления допускается заземлять прибор через клемму защитного заземления на задней панели прибора. При этом подсоединение защитного заземления должно проводиться до включения приборной вилки в сеть. При использовании прибора совместно с другими приборами или включении его в состав установки необходимо заземлить все приборы.

3.4 Для исключения влияния статического электричества все последующие соединения прибора необходимо производить только при наличии заземления.

3.5 В процессе ремонта при проверке режимов элементов нельзя допускать прикосновения к токонесущим элементам, так как в приборе имеются опасные напряжения 220 В. Замена деталей должна производиться только при обесточенном приборе.

Ремонт и эксплуатация прибора должны производиться квалифицированным персоналом, имеющим допуск к работе при проведении ремонта с напряжением до 1000 В.

**ВНИМАНИЕ! Работа с прибором без защитного заземления не допускается.**

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взамен инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ЯКУР.411146.014РЭ	Лист
													7

## 4 Описание прибора и принципов его работы

### 4.1 Назначение прибора

4.1.1 Компаратор частотный VCH-314 ЯКУР.411146.014 (далее – прибор) предназначен для измерения относительной разности (относительной погрешности по частоте) и нестабильности частоты сигналов с номинальными частотами 5; 10; 100 МГц.

Прибор реализует свои функции при совместной работе с персональным компьютером.

#### 4.1.2 Основные области применения:

- при разработке, производстве и испытаниях стандартов частоты и времени;
- при проведении измерений с целью определения метрологических параметров стандартов частоты и времени в процессе их эксплуатации;
- в системах хранения времени;
- при проведении научных исследований;
- при измерениях в системах тактовой синхронизации высокоскоростных цифровых телекоммуникационных сетей.

4.1.3 По условиям эксплуатации прибор удовлетворяет требованиям, предъявляемым к аппаратуре по группе 1.1 ГОСТ РВ 20.39.304-98 для температуры от плюс 5 °С до плюс 40 °С и относительной влажности не более 80 %.

#### 4.1.4 Нормальные условия применения:

- температура окружающей среды плюс (20±5) °С (при поддержании температуры с точностью ± 1,0 °С);
- относительная влажность воздуха от 30 до 80 % при температуре плюс 25 °С;
- напряжение сети (220±4) В;
- атмосферное давление от 84 до 106 кПа (от 630 до 795 мм рт.ст.).

#### 4.1.5 Рабочие условия применения:

- температура окружающей среды от плюс 5 °С до плюс 40 °С;
- относительная влажность воздуха до 90 % при температуре плюс 25 °С;
- напряжение сети переменного тока (220±22) В;
- атмосферное давление от 70 до 106,7 кПа (от 537 до 800 мм рт. ст.).

#### 4.1.6 Предельные условия эксплуатации:

- температура окружающей среды от минус 50 °С до плюс 50 °С;
- относительная влажность воздуха до 90 % при температуре плюс 25 °С;
- атмосферное давление от 60 до 104 кПа (от 450 до 780 мм рт. ст.).

4.1.7 По требованиям безопасности прибор соответствует требованиям ГОСТ Р 52319-2005.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взамен инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	ЯКУР.411146.014РЭ					Лист
										8
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						



4.1.8 Напряжение промышленных радиопомех, создаваемых прибором, не превышает норм, установленных для оборудования класса Б ГОСТ Р 51318.22-2006 (СИСПР 22-2006).

4.1.9 Запись прибора при его заказе и в документации другой продукции, в которой он может быть применен:

**Компаратор частотный VCH-314 ЯКУР.411146.014ТУ**

Свидетельство об утверждении типа средств измерений RU.C.33.018.B №49641, срок действия до 31 января 2018 г.

Зарегистрирован в Государственном реестре №35266-07 и допущен к применению в Российской Федерации.

Тип средств измерений утвержден приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 31 января 2013 года №48.

Инв. № подл.	Подп. и дата				Инв. № дубл.	Подп. и дата				
	Взамен инв. №					Инв. № дубл.				
Инв. № подл.	Подп. и дата				Инв. № дубл.	Подп. и дата				
	Взамен инв. №					Инв. № дубл.				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ЯКУР.411146.014РЭ					Лист
										9

## 4.2 Технические характеристики

4.2.1 Прибор содержит два идентичных измерительных канала (компаратор частотный 1 и компаратор частотный 2) с входами опорных « $\ominus f_x$ » и исследуемых « $\ominus f_y$ » сигналов. Соединительные разъемы – типа SMA.

4.2.2 Номинальные значения частот опорного и исследуемого входных сигналов 5; 10; 100 МГц.

**Примечание:** Допускается проведение измерений для любой комбинации перечисленных выше частот опорного и исследуемого сигналов.

4.2.3 Уровень входных сигналов –  $(1,0 \pm 0,2)$  В на нагрузке 50 Ом.

4.2.4 Диапазон интервалов времени измерения,  $\tau$  – от 1 с до 500000 с.

4.2.5 Коэффициенты умножения частотных флуктуаций (далее – коэффициенты умножения)  $1 \cdot 10^3$  и  $1 \cdot 10^6$ .

4.2.6 Пределы измерения относительной разности частот входных сигналов не менее:

а)  $\pm 1,0 \cdot 10^{-6}$  (для коэффициента умножения  $1 \cdot 10^3$ );

б)  $\pm 1,0 \cdot 10^{-8}$  (для коэффициента умножения  $1 \cdot 10^6$ ).

4.2.7 Эффективная полоса пропускания компаратора по отношению к флуктуациям частоты и фазы, для коэффициента умножения  $1 \cdot 10^6$ , с погрешностью не более 30 %, равна 10 Гц или 3 Гц (полоса пропускания – 3 Гц реализуется программно с помощью цифровой фильтрации).

**Примечание**

Для коэффициента умножения  $1 \cdot 10^3$  ширина полосы пропускания составляет 10 кГц, с погрешностью не более 30 %.

4.2.8 Прибор обеспечивает свои технические характеристики в пределах норм, установленных в ТУ, по истечении времени установления рабочего режима, равного:

- двум часам для интервала времени измерения от 1 с до 100 с;

- четырем часам для интервала времени измерения более 100 с.

**Примечание:** в течение времени установления рабочего режима на входы прибора должны быть поданы входные сигналы.

4.2.9 Нестабильность частоты, вносимая прибором при коэффициенте умножения  $1 \cdot 10^6$ , нулевой разности частот входных сигналов и полосе пропускания 3 Гц (среднее квадратическое относительное случайное двухвыборочное отклонение результата измерений частоты,  $\sigma / \sqrt{2}$ ) не более значений, приведенных в таблице 4.1.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взамен инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	ЯКУР.411146.014РЭ					Лист
					Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	10

Таблица 4.1

Интервал времени измерения $\tau$ , с	Среднее квадратическое относительное случайное двухвыборочное отклонение результата измерений частоты, $\sigma/\sqrt{2}$	
	Одноканальный режим (СКДО для пар сигналов Y1X, Y2X)	Двухканальный режим (СКДО для сигнала X)
1	$8,0 \cdot 10^{-14}$	$2,0 \cdot 10^{-14}$
10	$2,0 \cdot 10^{-14}$	$5,0 \cdot 10^{-15}$
100	$3,0 \cdot 10^{-15}$	$1,5 \cdot 10^{-15}$
1000 и более	$5,0 \cdot 10^{-16}$	$5,0 \cdot 10^{-16}$

4.2.10 Нестабильность частоты, вносимая прибором при коэффициенте умножения  $1 \cdot 10^3$  (среднее квадратическое относительное случайное двухвыборочное отклонение результата измерений частоты  $\sigma/\sqrt{2}$ ) не более  $1,0 \cdot 10^{-11}$  с/ $\tau$

4.2.11 Дополнительная нестабильность частоты, связанная с паразитной фазовой модуляцией при наличии разности входных частот  $\Delta f$  – не более  $2,0 \cdot 10^{-3} \Delta f/f$ .

4.2.12 Управление прибором, отображение и сохранение результатов измерений осуществляется при помощи персонального компьютера и специального программного обеспечения, прилагаемого к прибору. Передача контролируемых параметров и приём команд управления производится посредством интерфейса RS-232C. Применяемый персональный компьютер должен удовлетворять следующим требованиям:

- работа в среде Microsoft Windows™ 2000, XP, Vista, 7;
- процессор не ниже Intel Pentium-III с тактовой частотой 1 ГГц
- ОЗУ – не менее 256 Мбайт;
- скорость обмена данными по интерфейсу RS-232C (COM-порт) не менее 38,4 кбит/с.

4.2.13 Питание прибора: сеть переменного тока напряжением  $(220 \pm 22)$  В, 50 Гц.

4.2.14 Мощность, потребляемая прибором при номинальном напряжении питающей сети не превышает 30 В·А.

4.2.15 Прибор обеспечивает сохранение своих технических характеристик в пределах норм после пребывания в предельных условиях с последующей обязательной выдержкой в нормальных или рабочих условиях в течение не менее шести часов.

4.2.16 Прибор обеспечивает круглосуточную непрерывную работу в рабочих условиях с сохранением своих технических характеристик.

4.2.17 Габаритные размеры прибора 234×140×312 мм.

4.2.18 Масса прибора не более 8 кг; в транспортной таре – не более 15 кг.

Ив. № подл.	Подп. и дата
Взамен инв. №	Подп. и дата
Ив. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ЯКУР.411146.014РЭ	Лист
						11

### 4.3 Состав комплекта поставки прибора

4.3.1 Состав комплекта поставки прибора должен соответствовать таблице 4.2.

Таблица 4.2

Наименование, тип	Обозначение	Кол-во	Примечание
1 Компаратор частотный VCH -314	ЯКУР.411146.014	1	
2 Делитель мощности	ZFSC-2-1W+	2	
3 Кабель соединительный ВЧ	ЯКУР.685670.154	4	SMA/BNC
3 Кабель соединительный ВЧ	ЯКУР.685670.154-01	2	BNC/BNC
4 Кабель RS-232	ЯКУР.685670.026	1	
6 Кабель сетевой	SCZ-1	1	
7 Вставка плавкая	ВП2Б-1В 1,0 А ОЮ0.481.005 ТУ-Р	6	
8 Руководство по эксплуатации	ЯКУР.411146.014РЭ	1	
9 Инструкция пользователя	ЯКУР.411146.014ИП	1	
10 Формуляр	ЯКУР.411146.014ФО	1	
11 Диск ПО	RU.ЯКУР.00012-01	1	

### 4.4 Устройство и принцип действия

Прибор выполнен в настольном варианте в корпусе с размерами 140×234×312 мм. Сверху и снизу прибор закрыт легкоъемными крышками с вентиляционными отверстиями. Все узлы в виде модулей с расположенными на них входными и выходными разъемами вставляются со стороны задней панели прибора и легко могут быть заменены.

В состав прибора входят следующие основные устройства и узлы:

- Преобразователь напряжения ЯКУР.435114.006;
- Процессор ЯКУР.467444.003-02;
- Компаратор частотно-фазовый модульный ЯКУР.468134.003 (два модуля);
- Формирователь-измеритель моментов времени ЯКУР.468172.020-02;
- Кросс-плата ЯКУР.468369.002-01.

Принцип действия поясняется структурной схемой, изображенной на рисунке 4.1.

**КОМПАРАТОР ЧАСТОТНЫЙ** – узел, производит умножение относительной разности частот входных сигналов.

**ФОРМИРОВАТЕЛЬ-ИЗМЕРИТЕЛЬ МОМЕНТОВ ВРЕМЕНИ (ФИМВ)** – устройство, основным назначением которого является измерение моментов времени и формирование выходных импульсных сигналов для внешнего измерителя интервалов времени.

Ив. № подл.	Подп. и дата
Взамен инв. №	Ив. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ЯКУР.411146.014РЭ	Лист
						12

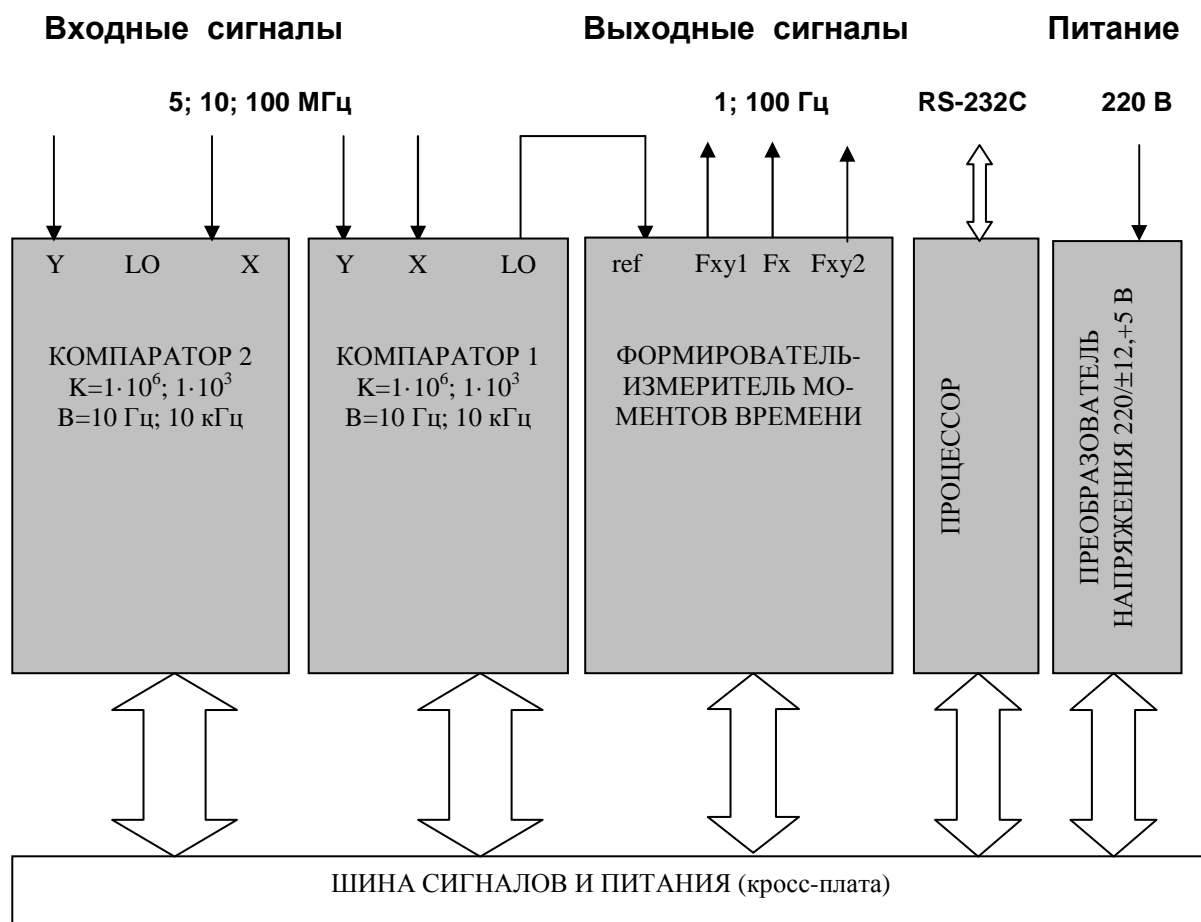


Рисунок 4.1 – Структурная схема прибора

**ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ НАПРЯЖЕНИЯ** – представляет собой импульсный блок питания, формирующий стабилизированные выходные напряжения  $\pm 12$  В, +5 В и +3,3 В.

**ПРОЦЕССОР** – интерфейс типа RS-232C, связывает прибор с ПК, который задает режимы работы компаратора.

В приборе реализован фазо-временной метод, когда информация о разности фаз исследуемых сигналов преобразуются во временные интервалы, которые измеряются с помощью цифрового измерителя интервалов времени.

Входные сигналы с частотами  $f_x$  и  $f_y = f_x(1+y)$  подаются на входы компаратора, где  $y=(f_y-f_x)/f_x$  – относительная разность частот.

Вход  $f_x$  считается входом опорного сигнала, а вход  $f_y$  – входом исследуемого сигнала. На выходе компаратора имеется импульсный сигнал с умноженным относительным отклонением частоты  $F_{xy}=F_x(1+K \cdot y)$ , где  $K$  – коэффициент умножения компаратора ( $1 \cdot 10^3, 1 \cdot 10^6$ ).

Для этих значений  $K$  полоса пропускания компаратора ( $B$ ), по отношению к спектру исследуемых частотных флуктуаций равна соответственно 10 кГц и 10 Гц. Частота  $F_x$  имеет значение 1 Гц. Импульсы  $F_{xy1}, F_{xy2}$  через сиг-

Инв. № подл.	Подп. и дата
Взамен инв. №	Инв. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

нальную шину поступают на ФИВМ, в котором с разрешением 10 нс производится измерение моментов времени ( $t_{yx,j}$ ) прихода импульсов  $F_{xy}$  относительно опорных импульсов  $F_x$  частоты 1 Гц, формируемых здесь же. Эти импульсы получаются путем деления частоты 99,9 МГц сигнала внутреннего гетеродина компаратора, синхронизированного по частоте под сигнал  $f_x$ . При  $K=1 \cdot 10^6$  и  $1 \cdot 10^3$  отсчеты  $t_{yx,j}$  проводятся с периодом 1 с.

Через ИНТЕРФЕЙС в компьютер, с периодом 1 с, передаются либо однократно измеренные либо усредненные по  $L$  выборкам (при  $K=1 \cdot 10^6$ ) значения моментов времени для измеряемых импульсов

$$Y_i = \frac{1}{L} \sum_{j=1}^L t_{yxi,j} \quad (4.1)$$

Принцип измерения поясняется рисунком 4.2

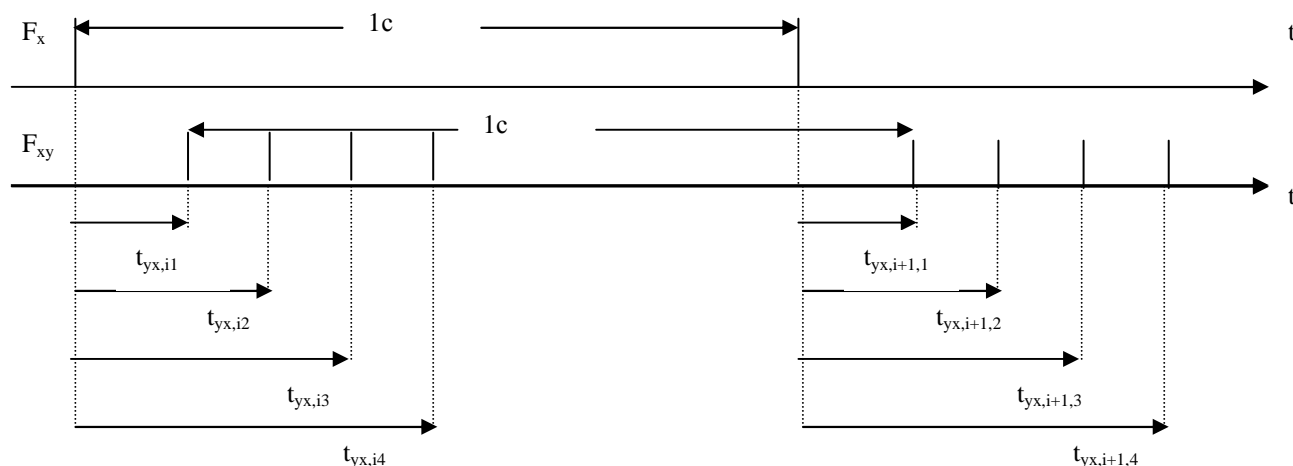


Рисунок 4.2 – Осциллограммы, поясняющие принцип измерения моментов времени измеряемых импульсов.

Пример:  $L=4$ , 
$$Y_i = \frac{1}{L} \sum_{j=1}^L t_{yxi,j}$$

Период повторения усредняемых моментов времени равен 10 мс (соответствует частоте 100 Гц). Усреднение применяется для изменения эффективной полосы пропускания компаратора  $B_e$ . В этом случае АЧХ компаратора с учетом аналоговой фильтрации и цифрового усреднения по отношению к флуктуациям частоты представляется формулой

$$W^2(f) = \frac{f_h^2}{f^2 + f_h^2} \frac{\text{Sin}^2(L\pi f T)}{(L\pi f T)^2} \quad (4.2)$$

Ив. № подл.	Подп. и дата
Взамен инв. №	Ив. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

где  $f_h = B/2 = 5$  Гц.

ПО позволяет устанавливать  $L=1$  (усреднения нет,  $B_e=B=10$  Гц) и  $L=32$  ( $B_e=3$  Гц). Графики АЧХ компаратора для этих случаев приведены на рисунке 4.3.

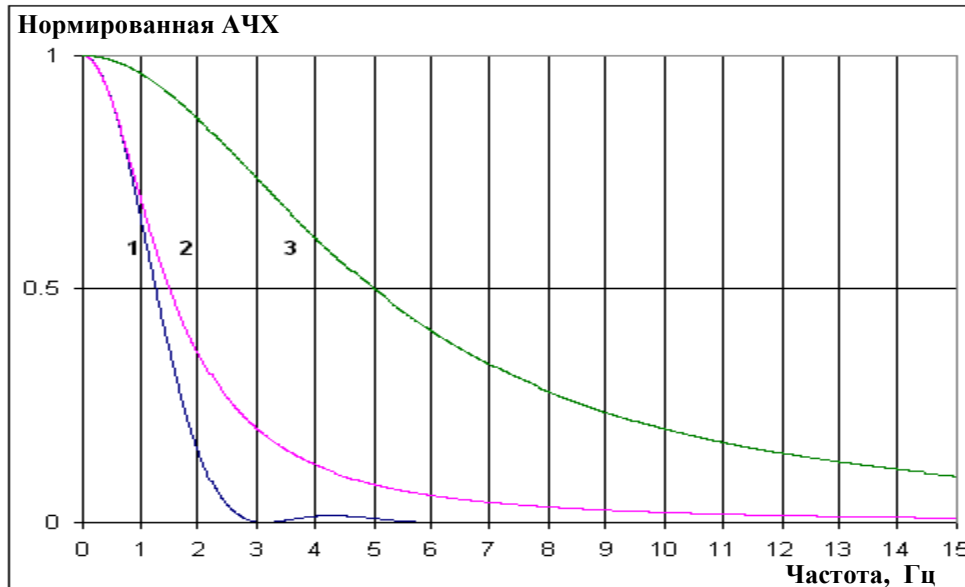


Рисунок 4.3 – Частотная характеристика прибора, где:

- 1 – реальная АЧХ компаратора  $B_e=3$  Гц (с усреднением);
- 2 – АЧХ аналогового фильтра первого порядка с полосой 3 Гц;
- 3 – АЧХ компаратора при  $B_e=10$  Гц.

По значениям  $Y_i$  находится относительная разность частот

$$y_{ухi}(\tau) = \frac{1}{K} \left( \frac{\tau}{Y_{i+M} - Y_i} - 1 \right) \quad (4.3)$$

и все стандартные характеристики нестабильности частоты.

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взамен инв. №	Инд. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

## 5 Подготовка прибора к работе

### 5.1 Эксплуатационные ограничения

5.1.1 Питание прибора: сеть переменного тока напряжением (220±22) В.

5.1.2 Условия эксплуатации:

- диапазон рабочих температур – от плюс 5 °С до плюс 40 °С;
- относительная влажность – не более 90 % при температуре плюс 30 °С.

5.1.3 Условия транспортирования:

- температура окружающего воздуха от минус 50 °С до плюс 50 °С;
- относительная влажность воздуха до 90 % при плюс 30 °С.

5.1.4 Условия хранения.

Условия хранения приборов, обеспечивающие установленную настоящими ТУ сохраняемость (с учетом проведения периодических технических обслуживаний), должны соответствовать ГОСТ В 9.003-80.

Для отапливаемого хранилища:

- при температуре окружающего воздуха от плюс 5 °С до плюс 50 °С;
- относительной влажности окружающего воздуха до 80 % при температуре плюс 25 °С.

После пребывания в предельных условиях время выдержки в нормальных условиях не менее восьми часов.

### 5.2 Меры безопасности

5.2.1 Перед началом работы необходимо обеспечить надежное заземление прибора.

5.2.2 Крепления заземляющей клеммы и проводников должны быть надежно зафиксированы. Для исключения влияния статического электричества все последующие соединения прибора необходимо производить только при наличии заземления.

### 5.3 Правила осмотра прибора

При внешнем осмотре необходимо проверить:

- сохранность пломб;
- отсутствие видимых механических повреждений;
- чистоту внешних поверхностей прибора, гнезд, разъемов и клемм;
- состояние соединительных проводов, кабелей.

При эксплуатации вентиляционные отверстия на корпусе прибора не должны закрываться посторонними предметами.

При вводе в эксплуатацию необходимо сделать отметку в формуляре о начале эксплуатации прибора.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взамен инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	ЯКУР.411146.014РЭ					Лист
										16
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						



## 6 Порядок работы

### 6.1 Расположение органов управления и подключения прибора


Компаратор частотный VCH-314 представляет собой настольный прибор размером 234×140×312. Управление прибором осуществляется ПК, подключенному по интерфейсу RS-232C, с соответствующим ПО.

На передней панели прибора (рисунок 6.1) расположены:

2 – индикатор **СЕТЬ**, информирующий о включении питания;  
3, 4, 5 – три индикатора «**Fxy1**», «**Fxy2**», «**Fx**», подтверждающие наличие импульсных сигналов с выходов каналов компаратора и опорного импульсного сигнала.

Расположение органов управления, подключения и контроля задней панели прибора показано на рисунке 6.2 и в таблице 6.1.

Таблица 6.1

Но-мер	Название	Назначение
1	$\ominus fx$ , $\ominus fy$	разъемы подключения входных сигналов компаратора частотного 2
4	$\ominus fx$ , $\ominus fy$	разъемы подключения входных сигналов компаратора частотного 1
5	<b>Fxy1, Fxy2, Fx</b>	выходы импульсных сигналов 1; 100 Гц
6	<b>RS-232C</b>	интерфейсный вход
7	<b>+5V, +12V, -12V</b>	индикаторы наличия напряжений питания
8		клемма защитного заземления
9	<b>220 V, 50 Hz, 30 V·A</b>	разъем подключения питания 220 В
10	<b>F1 AL 250 V, F1 AL 250 V</b>	держатели предохранителей
11	<b>СЕТЬ (POWER)</b>	Выключатель питания 220 В

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взамен инв.№	Подп. и дата
Индв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ЯКУР.411146.014РЭ	Лист
						17

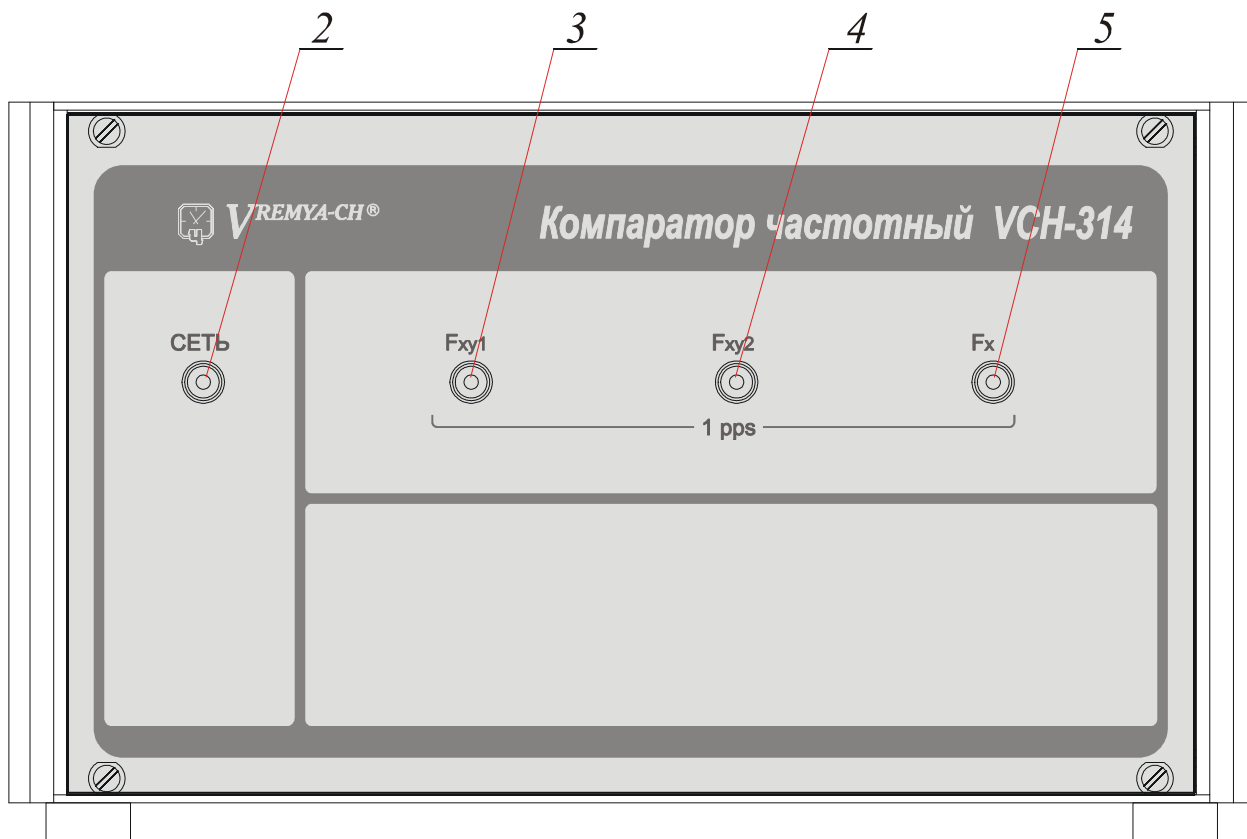


Рисунок 6.1 – Расположение органов управления, подключения и контроля на передней панели прибора

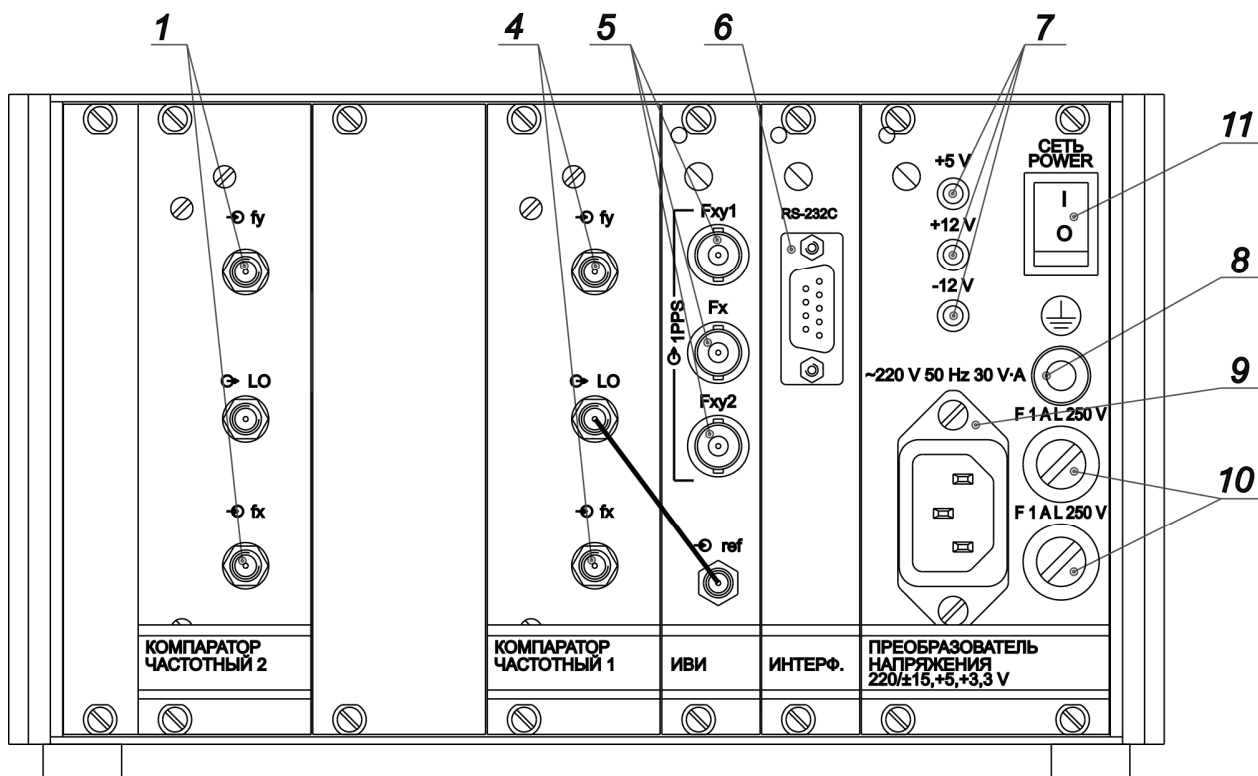


Рисунок 6.2 – Расположение органов управления, подключения и контроля задней панели прибора

Инв. № подл.	Подп. и дата
Взамен инв. №	Инв. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

## 6.2 Указания по включению

6.2.1 Перед началом работы внимательно изучите руководство по эксплуатации, а также ознакомьтесь с расположением и назначением органов управления и контроля на передней и задней панелях прибора (смотри п.6.1).

6.2.2 Проверьте надежность защитного заземления прибора.

6.2.3 Если хранение и транспортирование прибора производились в условиях, отличающихся от рабочих, то перед включением необходимо выдержать его в рабочих условиях не менее восьми часов.

6.2.4 Для снижения погрешности измерения рекомендуется минимизировать воздействие на прибор акустических и механических воздействий, электромагнитных излучений, сквозняков и резких изменений окружающей температуры.

6.2.5 В обесточенном состоянии соедините прибор с ПК с помощью интерфейсного кабеля RS-232C ЯКУР.685670.026.

**Внимание! Соединение с ПК при включенном питании прибора может привести к выходу из строя платы интерфейса.**

6.2.6 Подключите питание прибора 220В, 50 Гц и включите выключатель **СЕТЬ (POWER)**. При этом индикаторы передней панели должны находиться в следующем состоянии:

- индикатор **СЕТЬ** светится;
- индикатор «**Fx**» мигает с частотой 1 Гц;
- индикаторы «**Fxy1**», «**Fxy2**» погашены;
- индикаторы «**+12 V**», «**-12 V**» и «**+5 V**» на задней панели светятся.

Примечание: при отсутствии питания прибора 220В и при соединении ПК и прибора через кабель RS-232C, индикатор «**-12 V**» на задней панели светится, если питание ПК включено. Данная особенность не влияет на технические характеристики и безопасность прибора.

6.2.7 Подключите исследуемые сигналы согласно выбранному режиму измерений (смотри раздел 6.3).

Прибор будет готов к работе с минимальной гарантированной величиной вносимой нестабильности после истечения времени установления рабочего режима, равного двум часам (при интервале времени измерения не более 100 секунд) и четырём часам (при интервале времени измерения более 100 секунд). Если пользователя устраивает нестабильность в десять раз хуже указанной в п.4.2.9, то можно ограничиться временем прогрева соответственно 30 минут (при интервале времени измерения не более 100 секунд) и 1 час (при интервале времени измерения более 100 секунд).

6.2.8 Установите параметры измерения в соответствии с методикой, описанной в Инструкции пользователя ЯКУР.411146.014ИП, запустите измерения. Рекомендации по выбору параметров измерения приведены в п. 6.4. Программа VCH-314 может быть запущена в однократном режиме с возможностью досрочной её остановки и построения всех графиков, а также в циклическом режиме с автоматическим перезапуском. В последнем случае построение графиков возможно только по последнему циклу измерений.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взамен инв.№	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № докум.	Дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ЯКУР.411146.014РЭ	Лист
													19

### 6.3 Режимы измерений

#### 6.3.1 Одноканальные измерения методом «двух генераторов».

Этот режим соответствует традиционной методике, когда в измерениях участвуют два сигнала (исследуемый и образцовый, рисунок 6.3). При этом, с помощью измерительной программы VCH-314, рассчитывается их относительная разность частот или суммарная нестабильность частоты.



Рисунок 6.3 – Схема электрическая структурная при измерениях одноканальным методом “двух генераторов”

В приложении Б (таблица Б.1) показаны измеряемые в этом режиме функции и их математические ожидания.

#### 6.3.2. Двухканальные измерения методом “двух генераторов”.

В этом случае на входы « $-\phi_{fy}$ » обоих компараторов подается один и тот же исследуемый сигнал, а на входы « $-\phi_{fx}$ » один и тот же опорный сигнал (смотри рисунок 6.4). В результате производится измерение одной и той же величины с точностью шумов компараторов. При этом появляется резервирование результатов измерений и, за счет кросскорреляционной обработки, снижается погрешность измерения, вносимая компараторами. Кроме того, одновременно с выводом результатов измерений выводится и оценка погрешности, вносимой шумами компаратора.

В приложении Б (таблица Б.2) показаны измеряемые в этом режиме функции и их математические ожидания. Эти соотношения позволяют оценить *систематическую погрешность* измерения.

Видно, что значения  $\text{var}\{F_x\}$  и  $\text{var}2\{F_x\}$  дают оценки нестабильности частоты без смещения за счет компараторов.

Инв. № подл.	Подп. и дата
Взамен инв. №	Инв. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Для достижения одновременности измерений в приборе в начале измерений проводится автоматическая синхронизация работы компараторов с точностью не менее 10 мс.



Рисунок 6.4 – Схема электрическая структурная при измерениях методом «двух генераторов»

### 6.3.3 Измерения методом «трех генераторов».

В этом случае в измерениях участвуют *три сигнала* (рисунок 6.5). Один из них подключается на оба входа « $\ominus f_x$ », а два других соответственно ко входам « $\ominus f_y$ » обоих компараторов. Преимуществом этого режима является то, что после окончания измерений получают оценки разности и нестабильности частоты всех трех парных комбинаций сигналов и, кроме того, расчетные оценки нестабильности частоты каждого сигнала в отдельности.

Для одного из сигналов (подключенного к входам « $\ominus f_x$ ») систематическая погрешность может быть значительно ниже нестабильности частоты, вносимой компаратором.

В приложении Б (таблица Б.3) показаны измеряемые в этом режиме функции и их математические ожидания.

Инв. № подл.	Подп. и дата
Взамен инв. №	Инв. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

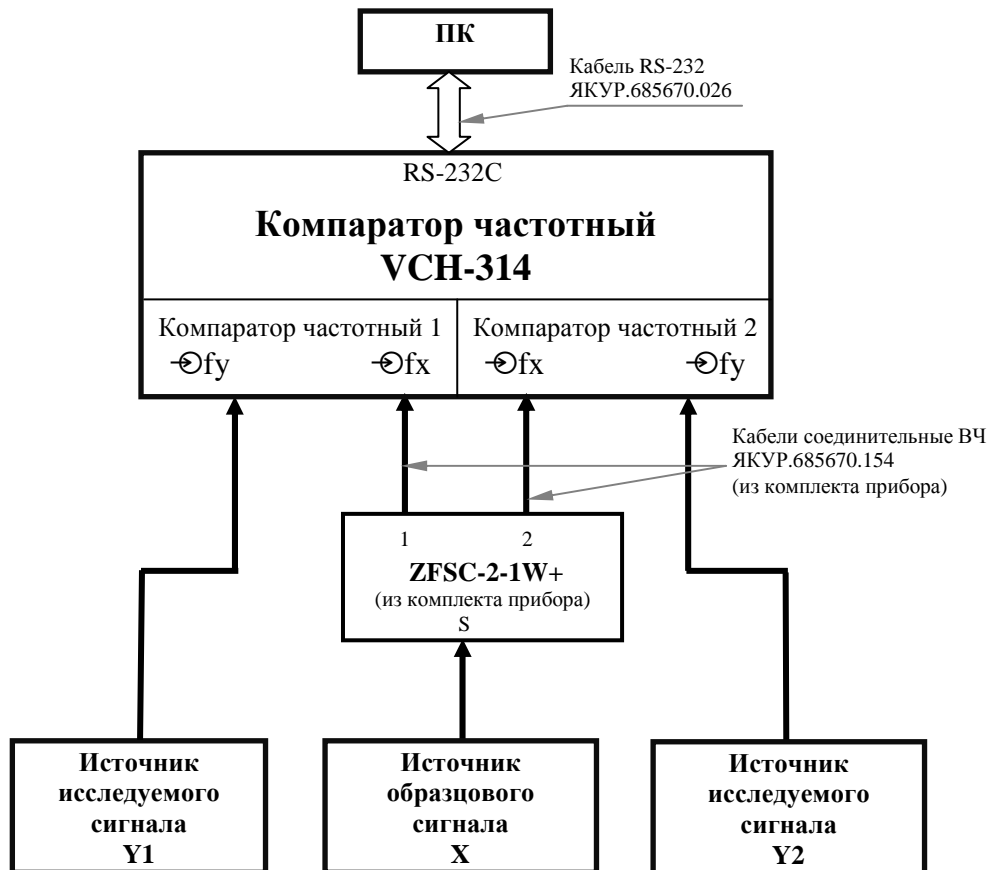


Рисунок 6.5 – Схема электрическая структурная при измерениях методом “трех генераторов”

## 6.4 Параметры и погрешности измерения

### 6.4.1 Выбор параметров измерения.

Перед началом измерений необходимо правильно выбрать и установить следующие параметры:

- коэффициент умножения относительной разности частот –  $K$ ;
- полосу пропускания;
- номер порта интерфейса RS-232C;
- максимальное время усреднения –  $T$ ;
- число усреднений –  $N$ ;
- лимиты максимальной разности и вариации частот входных сигналов.

Коэффициент умножения относительной разности частот может принимать значения  $1 \cdot 10^3$  и  $1 \cdot 10^6$ . Величина коэффициента умножения определяет разрешающую способность прибора ( $1,0 \cdot 10^{-11}$  и  $1,0 \cdot 10^{-14}$  соответственно).

Разрешающая способность измерения относительной разности частот ( $y^*$ ) определяется коэффициентом умножения, интервалом времени измерения –  $\tau$  и разрешением ФИМВ ( $1,0 \cdot 10^{-8}$  с)

$$y^* = \frac{1,0 \cdot 10^{-8} \text{ с}}{K \tau} \quad (6.1)$$

Инт. № подл.	Подп. и дата
Взамен инв. №	Инт. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

С полосой пропускания связаны максимальная допустимая разность частот входных сигналов  $\Delta f/f$  и некоторые другие характеристики.

При установленном значении коэффициента усиления  $K=1 \cdot 10^6$  доступны два значения полосы пропускания 10 Гц и 3 Гц. Полоса 3 Гц формируется алгоритмом цифровой фильтрации результатов измерений, полученных при физической полосе пропускания 10 Гц. В случае, если установлен коэффициент умножения  $K=1 \cdot 10^3$  полоса пропускания составляет 10 кГц.

Максимальная допустимая разность частот входных сигналов связана со значением полосы пропускания и равна:

а)  $\pm 1,0 \cdot 10^{-6}$  для полосы пропускания  $B=10$  кГц;

б)  $\pm 1,0 \cdot 10^{-8}$  для полосы пропускания  $B=3$  Гц (10 Гц).

В качестве номера порта интерфейса RS-232C следует установить номер COM-порта операционной системы Microsoft Windows®, соответствующий порту ПК, к которому подключен прибор.

От установленных значений максимального времени усреднения  $T$ , и числа усреднений  $N$ , зависят общее время измерений (время наблюдения)  $T_H=(N+1) \cdot T$  и достоверность оценок нестабильности частоты.

Лимиты максимальной разности и вариации частот входных сигналов вводятся для исключения грубых ошибок в расчетах, вызванных, например, сбоем фазы, либо другими техническими помехами. Значения лимитов должны быть выше ожидаемых максимальных значений относительной разности частот и вариации разности частот сравниваемых сигналов.

#### 6.4.2 Определение погрешностей измерения

Погрешность измерения имеет четыре составляющие:

1) нестабильность частоты за счет флуктуаций частоты, вносимых схемой преобразования сигналов в компараторе. По отношению к оценке измеряемой разности частот это приводит к случайной погрешности с нулевым средним (оценка является несмещенной), а по отношению к оценке нестабильности частоты это дает смещение результата в сторону больших значений. Мерой этой погрешности выбрано среднее квадратическое относительное случайное двухвыборочное отклонение результата измерений частоты  $\sigma/\sqrt{2}$  (СКДО). Эта величина измеряется в режиме «самоконтроля» (проверки нестабильности частоты, вносимой компаратором, при нулевой разности частот входных сигналов), когда на оба входа компаратора подается один и тот же сигнал и вычисляется функция. Гарантируемые значения её приведены в п.4.2.9 и п.4.2.10 настоящего руководства.

2) дополнительная погрешность за счет паразитной фазовой модуляции при наличии разности частот входных сигналов  $\Delta f$ . В приборе после преобразования присутствует паразитная модуляция с частотой  $f_m$ , кратной разности входных частот ( $m\Delta f$ ).

Для сигналов с частотой 5 МГц наиболее выраженными являются составляющие  $\Delta f$  и  $20\Delta f$  ( $m=1$  и  $m=20$ ), для частоты 10 МГц – составляющие  $\Delta f$  и  $10\Delta f$ , а для частоты 100 МГц – составляющая  $\Delta f$ . Характерным признаком такой

Инв. № подл.	Подп. и дата		Инв. № дубл.	Подп. и дата	
	Взамен инв. №			Взамен инв. №	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
ЯКУР.411146.014РЭ					Лист
					23

модуляции является повышенный разброс измеренных значений разности частот и существенное увеличение оценок нестабильности частоты при некоторых значениях времени измерения  $\tau$ . Эта погрешность может быть рассчитана исходя из амплитуды фазовой модуляции  $A_m$  и частотной характеристики вычисляемой функции.

Согласно требованиям (п. 4.2.11) дополнительная нестабильность частоты при входной частоте 5 МГц не превышает  $2,0 \cdot 10^{-3} \Delta f/f$  вне зависимости от параметров измерения  $\Delta f$  и  $\tau$ . Амплитуда модуляции  $A_m$  (в единицах времени) при входной частоте 5 МГц для частот модуляции  $\Delta f$  и  $20\Delta f$  не превышает 10 пс.

Вносимую паразитную разность частот можно рассчитать по формуле

$$y_m(t) = \frac{2A_m}{\tau} \sin(\pi m \Delta f \tau) \cdot \sin(2\pi m \Delta f t + \theta) \quad (6.2)$$

Очевидно, что снизить эту величину можно уменьшением разности частот  $\Delta f$ , обеспечивая выполнение условия  $\pi m \Delta f \tau \ll \pi/2$  ( $\sin(\pi m \Delta f \tau) \ll 1$ ). В этом случае выражение (6.2) принимает вид

$$y_m(t) = 2A_m m \pi \Delta f \cdot \sin(2\pi m \Delta f t + \theta) \quad (6.3)$$

Из (6.3) нетрудно оценить максимальную величину допустимой разности частот для достижения необходимой погрешности измерения.

Для снижения этой составляющей погрешности измерение нестабильности частоты следует проводить при минимально возможном значении разности частот входных сигналов  $\Delta f$ .

3) погрешность за счет конечного числа измерений  $N$ . Это касается только нестабильности частоты. Оценкой этой погрешности в среднеквадратическом смысле является относительная дисперсия результатов измерения нестабильности при заданном значении  $N$ , которую с достаточной степенью точности можно представить выражением  $1/\sqrt{N}$ . Поэтому, для достижения десяти процентной точности измерения необходимо обеспечить выполнение условия  $N > 100$  при каждом интервале времени измерения.

4) погрешность за счет изменений температуры окружающей среды. Диапазон рабочих температур прибора (от плюс 5 °С до плюс 40 °С. Изменения температуры окружающей среды вызывают дополнительные сдвиги фазы в тракте преобразования сигналов, которые не превышают 15 пс/°С). Это приводит к дополнительной погрешности измерения разности частот на «длинных» интервалах времени измерения (более 100 с). Поэтому для снижения температурной погрешности необходимо исключить наличие сквозняков, вентиляторов и обеспечить максимально стабильную температуру окружающей среды.

В приборе все гарантируемые значения вносимой нестабильности частоты обеспечиваются при скорости изменения окружающей температуры не более 1 °С/час.

Инв. № подл.	Подп. и дата				Лист
	Инв. № дубл.				
Инв. № инв.	Взамен инв. №				Лист
	Подп. и дата				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ЯКУР.411146.014РЭ
					24





## 8 Техническое обслуживание

8.1 При проведении работ по уходу за прибором необходимо соблюдать меры безопасности, приведенные в разделе 1 настоящего Руководства.

8.2 Виды контроля технического состояния и технического обслуживания, а также периодичность и объем работ, выполняемых в процессе их проведения, определяются настоящим Руководством.

8.3 Основным видом контроля технического состояния прибора является контрольный осмотр прибора в процессе эксплуатации.

Контрольный осмотр проводится лицом, эксплуатирующим прибор, ежемесячно, если прибор не используется по назначению и находится на хранении. Контрольный осмотр прибора включает внешний осмотр для проверки отсутствия механических повреждений, состояния надписей, надежности крепления органов управления и подключения, целостности изоляционных и лакокрасочных покрытий, исправности соединительных проводов и кабелей питания.

8.4 Техническое обслуживание включает следующие виды:

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

8.5 Техническое обслуживание №1 проводится только при постановке прибора на кратковременное хранение и включает:

- восстановление, при необходимости, лакокрасочных покрытий;
- проверку состояния и комплектности прибора;
- проверку правильности ведения эксплуатационной документации;
- устранение выявленных недостатков.

8.6 Техническое обслуживание №2 проводится с периодичностью проверки прибора и совмещается с ней, а также при постановке на длительное (более двух лет) хранение и включает:

- операции ТО-1;
- периодическую поверку для обеспечения требуемых метрологических характеристик;
- консервацию прибора (выполняется при постановке прибора на длительное хранение).

Техническое обслуживание №2 проводится персоналом, эксплуатирующим прибор, за исключением периодической поверки, которая выполняется силами и средствами метрологических служб.

Инт. № подл.	Подп. и дата	Взамен инв.№	Инв. № дубл.	Подп. и дата	ЯКУР.411146.014РЭ	Лист
						26
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		





## 11 Тара и упаковка

11.1 Упаковка прибора должна соответствовать ГОСТ РВ 20.39.308-98, ОСТ 45.070.011-90 и конструкторской документации. Вариант упаковки ВУ4-ТД5. Временная противокоррозионная защита должна соответствовать ГОСТ В 25674-83. Вариант противокоррозионной защиты В3-10.

11.2 По согласованию с потребителем допускается вариант упаковки ЯКУР.411915.028. Упаковка прибора производится в ящик из гофрированного картона по ГОСТ 9142-90 в соответствии с конструкторской документацией.

11.3 Техническая и товаросопроводительная документация вкладывается в чехлы из плёнки полиэтиленовой по ГОСТ 10354-82.

11.4 Маркировка упаковки производится в соответствии с требованиями ГОСТ 14192-96 и ГОСТ В 25674-83 и конструкторской документации. На двух смежных боковых поверхностях ящика наносятся манипуляционные знаки «Хрупкое», «Осторожно», «Беречь от влаги», «Верх».

## 12 Маркирование и пломбирование

12.1 Знак утверждения типа наносится на титульный лист руководства по эксплуатации.

12.2 Наименование и условное обозначение прибора, товарный знак предприятия нанесены на лицевую панель.

12.3 Заводской номер прибора и год изготовления нанесены на задней панели в левом верхнем углу и на боковой панели с левой стороны.

12.4 Прибор, принятый ОТК, пломбируется мастичными пломбами, которые устанавливаются на чашках винтов, крепящих переднюю панель, вставные блоки.

## 13 Утилизация

13.1 Прибор, пришедший в негодное состояние, при утилизации не представляет экологической опасности. Утилизация прибора осуществляется в порядке, установленном потребителем.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взамен инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	ЯКУР.411146.014РЭ	Лист
						29
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		





## А.2 Операции поверки

А.2.1 Перед проведением поверки прибора проводится внешний осмотр и операция подготовки его к работе.

А.2.2 Метрологические характеристики, подлежащие проверке, и операции поверки приведены в таблице А.1.

Таблица А.1

Наименование операции	Номер пункта методики	Обязательность поверки параметров		
		первичная поверка		периодическая поверка
		при выпуске	после ремонта	
1 Внешний осмотр	А.8.1	да	да	да
2 Опробование	А.8.2	да	да	да
3 Определение (контроль) метрологических характеристик	А.8.3			
3.1 Проверка нестабильности частоты вносимой прибором, при коэффициенте умножения $1 \cdot 10^6$ , нулевой разности частот входных сигналов и полосе пропускания 3 Гц	А8.3.1 – А.8.3.5	да	да	да

Инв. № подл.	Подп. и дата
Взамен инв. №	Инв. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------



## А.3 Средства поверки

А.3.1 Рекомендуемые средства поверки, в том числе рабочие эталоны и средства измерений, приведены в таблице А.2.

Таблица А.2

Наименование средств поверки	Требуемые технические характеристики средства поверки		Рекомендуемое средство поверки (тип)
	Пределы измерения	Погрешность	
1 Стандарт частоты и времени водородный	Номинальное значение частоты выходного синусоидального сигнала – 5 МГц.  Значение напряжения выходного сигнала на нагрузке 50 Ом – 1 В	Относительная погрешность по частоте ( $\Delta_{of}$ ), не более $\pm 5,0 \cdot 10^{-9}$ .  $\pm 0,2$ В	Ч1-76А
2 ПК	Типа IBM/PC (процессор не ниже Intel Pentium-III-1 ГГц или аналогичный, объем ОЗУ не менее 256 МБ, операционная система Windows 2000, XP, Vista, 7). Программное обеспечение RU.ЯКУР.00012-01		Вспомогательное оборудование

**Примечание:** Вместо указанных в таблице средств поверки разрешается применять другие аналогичные средства измерений, обеспечивающие необходимую точность и диапазоны измерений.

А.3.2 Все средства поверки должны быть исправны, применяемые при поверке средства измерений и рабочие эталоны должны быть поверены (аттестованы) и иметь свидетельства о поверке (аттестации) или оттиск поверительного клейма на приборе или в технической документации.

## А.4 Требования к квалификации поверителей

А.4.1 Поверка должна осуществляться лицами, аттестованными в качестве поверителей в порядке, установленном в ПР 50.2.012-94.

Интв. № подл.	Подп. и дата
Взамен интв. №	Интв. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ЯКУР.411146.014РЭ	Лист
						33

## А.5 Требования безопасности

А.5.1 При проведении поверки должны быть соблюдены все требования безопасности в соответствии с ГОСТ 12.3.019-80.

## А.6 Условия поверки

А.6.1 При проведении операций поверки должны соблюдаться следующие нормальные условия, приведенные в таблице А.3.

Таблица А.3

Температура окружающего воздуха, °С (К)	20±5 (293±5)
Изменение температуры окружающей среды в любой точке диапазона рабочих температур, не должно превышать, °С/час	1
Относительная влажность воздуха, при температуре до плюс 25 °С, %	от 30 до 80
Атмосферное давление, кПа (мм рт.ст.)	100±4 (750±30)
Питание от сети переменного тока:	
напряжением, В	220±4,4
частотой, Гц	50,0±0,5
содержание гармоник не более, %	5

Инт. № подл.	Подп. и дата
Взамен инв. №	Инт. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ЯКУР.411146.014РЭ	Лист
						34

## А.7 Подготовка к поверке

А.7.1 Поверитель должен изучить руководство по эксплуатации поверяемого прибора и используемых средств поверки.

А.7.2 Перед проведением операций поверки необходимо:

- проверить комплектность поверяемого прибора для проведения поверки (наличие кабелей питания, соединительных кабелей и пр.);
- проверить комплектность рекомендованных (или аналогичных им) средств поверки, заземлить (если это необходимо) необходимые рабочие эталоны, средства измерений и включить питание заблаговременно перед очередной операцией поверки (в соответствии со временем установления рабочего режима, указанным в технической документации).

А.7.3 Перед проведением поверки необходимо подготовить прибор к работе в следующей последовательности:

- перед началом работы необходимо обеспечить надежное заземление прибора, если заземление прибора осуществляется через заземляющую жилу сетевого шнура и вилку с заземляющим контактом, то необходимо включить вилку в розетку раньше других соединений;
- крепления заземляющей клеммы и проводников должны быть надежно зафиксированы.

Для исключения влияния статического электричества все последующие соединения прибора необходимо производить только при наличии заземления.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата		
	Взамен инв. №					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ЯКУР.411146.014РЭ	Лист
						35

## А.8 Проведение поверки

### А.8.1 Внешний осмотр

Произведите внешний осмотр прибора, убедитесь в отсутствии внешних механических повреждений и неисправностей, влияющих на работоспособность прибора.

При проведении внешнего осмотра проверяется:

- сохранность пломб (при проведении периодической поверки);
- чистота и исправность разъемов и гнезд;
- отсутствие внешних механических повреждений корпуса, мешающих работе с прибором, и ослабления элементов конструкции;

Приборы, имеющие дефекты (механические повреждения), бракуют и направляют в ремонт.

### А.8.2 Опробование

А.8.2.1 При выключенном питании компаратора соедините его с одним из СОМ-портов ПК при помощи интерфейсного кабеля RS-232 ЯКУР.685670.026.

**Внимание! Соединение прибора с ПК при включенном питании компаратора может вывести из строя интерфейс RS-232С.**

А.8.2.2 Включите питание прибора, при этом индикаторы передней и задней панели должны находиться в следующем состоянии:

- индикатор **СЕТЬ** светится;
- индикатор «**Fx**» мигает с частотой 1 Гц;
- индикаторы «**Fxy1**», «**Fxy2**» погашены;
- индикаторы «**+12 V**», «**-12 V**» и «**+5 V**» светятся.

А.8.2.3 Соберите схему в соответствии с рисунком А.1 (сигналы поданы на входы «**⊖fx**», «**⊖fy**» каждого компаратора частотного). В меню «Опции» установите параметры измерения, в соответствии с рисунком А.2. При этом в опции «Порт RS-232С СОМ \* » устанавливается номер того СОМ-порта ПК, к которому в данный момент подключен прибор.

А.8.2.4 На ПК запустите программу VCH-314 на однократные измерения.

А.8.2.5 После запуска программы должна начаться индикация оставшегося числа измерений, а через 20 с должна зафиксироваться таблица результатов измерений.

А.8.2.6 В окне «Опции» измените значение коэффициента умножения на «1e3» (соответствует значению коэффициента –  $1 \cdot 10^3$ ) и запустите однократные измерения.

А.8.2.7 После запуска программы должна начаться индикация оставшегося числа измерений, а через 20 с должна зафиксироваться таблица результатов измерений (допускаются нулевые значения оценок).

А.8.2.8 При невыполнении перечисленных в пп.А.8.2.5 и А.8.2.7 условий прибор считается неисправным и отправляется в ремонт.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взамен инв.№	Инв. № дубл.	Подп. и дата	ЯКУР.411146.014РЭ	Лист
						36
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

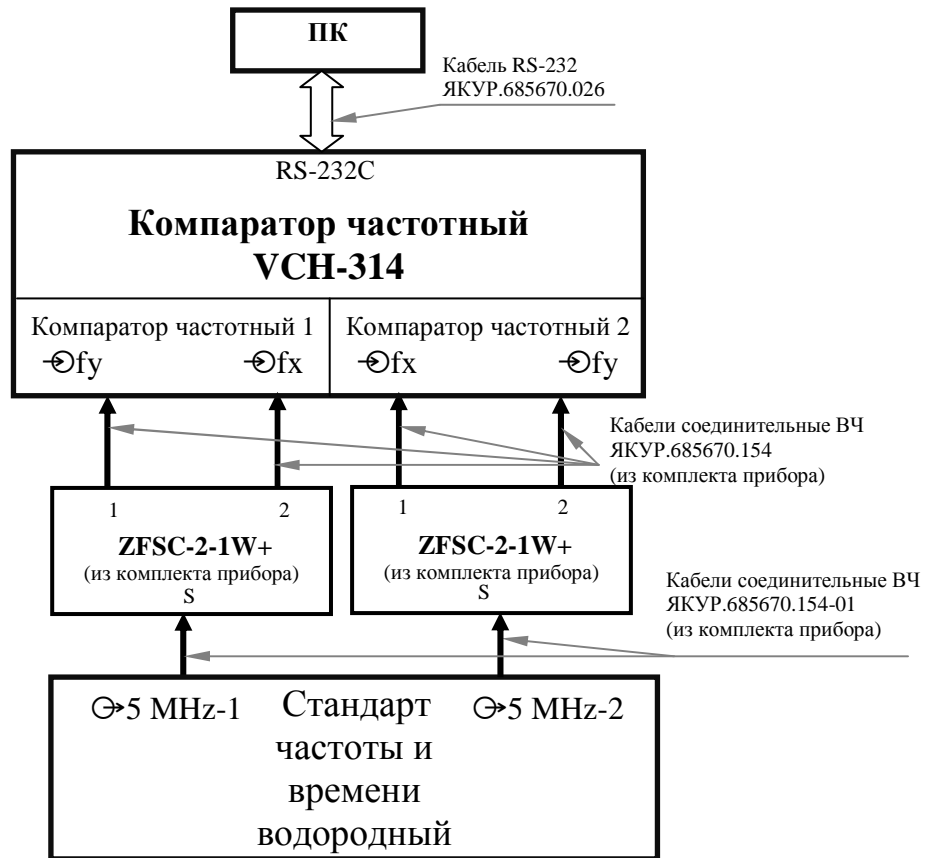


Рисунок А.1 – Схема электрическая структурная для опробования и проверки нестабильности частоты, вносимой прибором, при нулевой разности частот входных сигналов

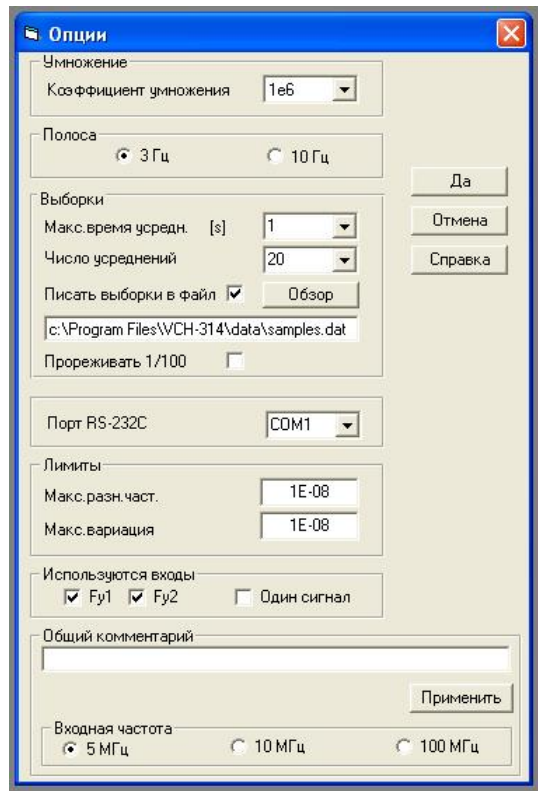


Рисунок А.2 – Значения параметров измерения при опробовании прибора

Ив. № подл.	Подп. и дата
Взамен инв.№	Ив. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

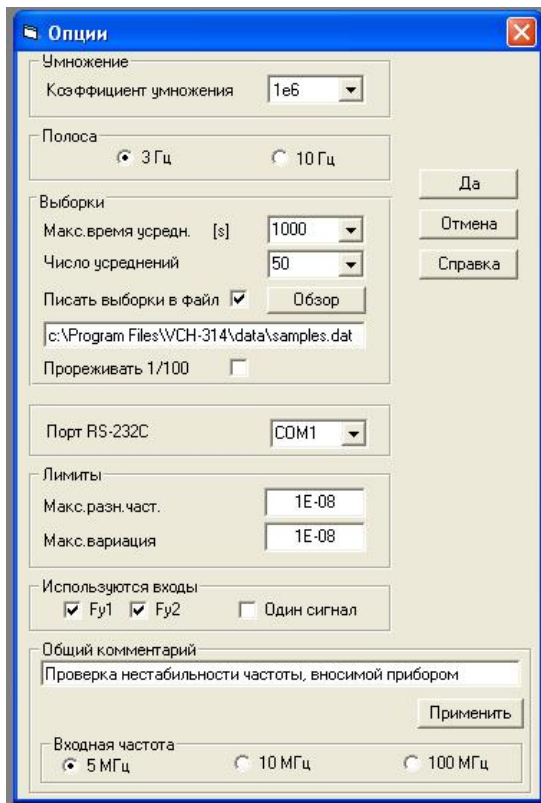


Рисунок А.3 – Значения параметров измерения при проверке нестабильности частоты, вносимой прибором

#### А.8.3 Определение (контроль) метрологических характеристик.

Проверка нестабильности частоты вносимой прибором, при коэффициенте умножения  $1 \cdot 10^6$ , нулевой разности частот входных сигналов и полосе пропускания 3 Гц.

А.8.3.1 Соберите схему в соответствии с рисунком А.1 (сигналы поданы на входы « $\Phi_{fx}$ », « $\Phi_{fy}$ » каждого компаратора частотного). В меню «Опции» установите параметры измерения, в соответствии с рисунком А.3. При этом в опции «Порт RS-232C COM \*» устанавливается номер того COM-порта ПК к которому в данный момент подключен прибор.

##### А.8.3.2 Запустите однократные измерения.

После окончания измерений зафиксируйте получившиеся значения вносимой нестабильности частоты ( $\text{var}\{F_{y1x}\}$ ,  $\text{var}\{F_{y2x}\}$ ,  $\text{var}\{F_x\}$ ) за время измерения 1; 10; 100; 1000 с.

Значения вносимой нестабильности частоты ( $\text{var}\{F_{y1x}\}$ ,  $\text{var}\{F_{y2x}\}$ ,  $\text{var}\{F_x\}$ ) за интервалы времени измерения 1; 10 и 100 с, вычисляются на интервале времени наблюдения 2000 с, полученном с учетом вычета первых двух часов работы прибора. Т.о. интервал времени наблюдения выбирается: начальное значение («От») – 7200 с, конечное значение («До») – 9200 с.

Значения вносимой нестабильности частоты ( $\text{var}\{F_{y1x}\}$ ,  $\text{var}\{F_{y2x}\}$ ,  $\text{var}\{F_x\}$ ) для интервала времени измерения 1000 с, вычисляются на интервале

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взамен инв.№	Инв. № дубл.	Подп. и дата	<p style="text-align: center;">ЯКУР.411146.014РЭ</p>	Лист
						38
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

ле времени наблюдения, полученном с учетом вычета первых четырех часов работы прибора. Т.о. интервал времени наблюдения выбирается начальное значение («От») – 14400 с, конечное значение («До») – не менее 45000 с.

А.8.3.4 Полученные значения нестабильности частоты, вносимой прибором при коэффициенте умножения  $1 \cdot 10^6$ , нулевой разности частот входных сигналов и полосе пропускания 3 Гц должны соответствовать требованиям п.4.2.9 руководства по эксплуатации ЯКУР.411146.014РЭ (смотри таблицу А.4). В противном случае прибор бракуется и отправляется в ремонт.

Таблица А.4 – Среднее квадратическое относительное случайное двухвыборочное отклонение результата измерений частоты

Интервалы времени измерения, с	1	10	100	1000
СКДО для пары сигналов Y1X ( $\text{var2}\{F_{y1x}\}$ ), не более	$8,0 \cdot 10^{-14}$	$2,0 \cdot 10^{-14}$	$3,0 \cdot 10^{-15}$	$5,0 \cdot 10^{-16}$
СКДО для пары сигналов Y2X ( $\text{var2}\{F_{y2x}\}$ ), не более	$8,0 \cdot 10^{-14}$	$2,0 \cdot 10^{-14}$	$3,0 \cdot 10^{-15}$	$5,0 \cdot 10^{-16}$
СКДО для сигнала X ( $\text{var2}\{F_x\}$ ), не более	$2,0 \cdot 10^{-14}$	$5,0 \cdot 10^{-15}$	$1,5 \cdot 10^{-15}$	$5,0 \cdot 10^{-16}$

Инв. № подл.	Подп. и дата
Взамен инв.№	Инв. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

## А.9 Оформление результатов поверки

А.9.1 При положительных результатах поверки на прибор выдается свидетельство установленной формы.

А.9.2 Сведения о результатах поверки записывают в формуляр на компаратор частотный VCH-314 ЯКУР.411146.014ФО в раздел 15 «Результаты поверки» (смотри таблицу 12).

А.9.3 В случае отрицательных результатов поверки применение прибора запрещается и на него выдается извещение о непригодности его к применению с указанием причин.

Инв. № подл.	Подп. и дата				Инв. № дубл.	Подп. и дата				
	Взамен инв. №					Инв. № дубл.				
Инв. № подл.	Подп. и дата				Взамен инв. №	Подп. и дата				
	Инв. № дубл.					Инв. № дубл.				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ЯКУР.411146.014РЭ					Лист
										40



## Приложение Б

(справочное)

Расчетные функции для различных режимов работы прибора

### Б.1 Режим одноканальных измерений методом «двух генераторов»

Измеряемые в этом режиме функции и их математические ожидания показаны в таблице Б.1.

Для упрощения написания обозначений в таблицах, в тексте приложения Б приняты следующие сокращения:

- 1) Y – сигнал, подаваемый на вход « $\ominus fy$ » компаратора частотного 1;
- 2) Z – сигнал, подаваемый на вход « $\ominus fz$ » компаратора частотного 2;
- 3) X – сигнал, подаваемый на входы « $\ominus fx$ » в обоих компараторах;
- 4) ОРЧ – относительная разность частот;
- 5) СКО – средне-квадратическое отклонение;
- 6) СКДО – средне-квадратическое двухвыборочное отклонение.

Таблица Б.1 – Расчетные функции для одноканального режима

Номер	Вычисляемая функция	Математическое ожидание
1	ОРЧ <sub>yx</sub>	$y_y^N - y_x^N + y_{cl}^N$
2	СКО <sub>yx</sub>	$\sqrt{\delta_y^2 + \delta_x^2 + \delta_{cl}^2}$
3	СКДО <sub>yx</sub>	$\sqrt{\sigma_y^2 + \sigma_x^2 + \sigma_{cl}^2}$

где  $y_y^N, y_x^N$  – усредненное на всем времени наблюдения ( $N \cdot \tau$ ), относительное отклонение сигналов X и Y от номинальной частоты;

$y_{cl}^N$  – средняя относительная разность частот, вносимая компаратором;

$\delta_y, \delta_x, \delta_{cl}$  – СКО для сигналов Y, X и вносимых шумов компаратора;

$\sigma_y, \sigma_x, \sigma_{cl}$  – СКДО соответственно сигналов Y, X и вносимых шумов компаратора.

Характеристики нестабильности компаратора ( $y_{cl}^N, \delta_{cl}, \sigma_{cl}$ ) измеряются по той же программе при подаче одного и того же сигнала на оба входа компаратора. Если нас интересует нестабильность частоты сигнала Y, то второй и третий члены выражения математического ожидания представляют собой систематическую погрешность измерения (сдвиг) за счет опорного генератора и компаратора. Поэтому для измерения с достаточной точностью нужна уверенность,

Ив. № подл.				
Подп. и дата				
Ив. № дубл.				
Взамен инв. №				
Подп. и дата				

что суммарная нестабильность опорного сигнала и компаратора существенно меньше измеряемой.

В качестве меры случайной погрешности можно использовать среднеквадратическое относительное отклонение результатов измерений

$$d = \sqrt{\frac{E(\sigma_{xy,N}^2)^2 - [E(\sigma_{xy,N}^2)]^2}{[E(\sigma_{xy,N}^2)]^2}} \quad (\text{Б.1})$$

В работе Kazuyuki Yoshimura [2] показано, что

$$d \leq \sqrt{\frac{2}{N}} \quad (\text{Б.2})$$

Инв. № подл.	Подп. и дата				Инв. № дубл.	Подп. и дата				Взамен инв. №	Подп. и дата				Инв. № подл.	Подп. и дата				ЯКУР.411146.014РЭ	Лист
	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.		Дата	Изм.	Лист	№ докум.		Подп.	Дата	Изм.	Лист		№ докум.	Подп.	Дата	Изм.		Лист

## Б.2 Режим двухканальных измерений методом «двух генераторов»

Расчетные функции и их математические ожидания приведены в таблице Б.2. Эти соотношения позволяют оценить систематическую погрешность измерения.

Видно, что значения  $СКО_x$  и  $СКДО_x$  дают оценки нестабильности частоты без смещения за счет компараторов.

Таблица Б.2 – Расчетные функции для двухканальных измерений методом «двух генераторов»

Номер	Вычисляемая функция	Математическое ожидание	Примечания
1	$ОРЧ_{yx}$	$y_y^N - y_x^N + y_{c1}^N$	*
2	$ОРЧ_{zx}$	$y_y^N - y_x^N + y_{c2}^N$	*
3	$ОРЧ_{yz}$	$y_{c1}^N - y_{c2}^N$	**
4	$СКО_{yx}$	$\sqrt{\delta_y^2 + \delta_x^2 + \delta_{c1}^2}$	*
5	$СКО_{zx}$	$\sqrt{\delta_y^2 + \delta_x^2 + \delta_{c2}^2}$	*
6	$СКО_{yz}$	$\sqrt{\delta_{c1}^2 + \delta_{c2}^2}$	**
7	$СКО_x$	$\sqrt{\delta_x^2 + \delta_y^2}$	***
8	$СКО_y$	$\sqrt{\delta_{c1}^2}$	**
9	$СКО_z$	$\sqrt{\delta_{c2}^2}$	**
10	$СКДО_{yx}$	$\sqrt{\sigma_y^2 + \sigma_x^2 + \sigma_{c1}^2}$	*
11	$СКДО_{zx}$	$\sqrt{\sigma_y^2 + \sigma_x^2 + \sigma_{c2}^2}$	*
12	$СКДО_{yz}$	$\sqrt{\sigma_{c1}^2 + \sigma_{c2}^2}$	**
13	$СКДО_x$	$\sqrt{\sigma_y^2 + \sigma_x^2}$	***
14	$СКДО_y$	$\sqrt{\sigma_{c1}^2}$	**
15	$СКДО_z$	$\sqrt{\sigma_{c2}^2}$	**

### Примечания

\* – результаты, содержащие погрешность за счет опорного сигнала и компараторов;

\*\* – результаты, представляющие нестабильность компараторов;

Ив. № подл.	Подп. и дата
Взамен инв. №	Ив. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ЯКУР.411146.014РЭ	Лист
						43

\*\*\* – результаты, имеющие погрешность только за счет опорного сигнала.

*Следует помнить, что значения математических ожиданий получены в предположении одновременности измерений в каналах и некоррелированности всех измеряемых и паразитных шумов.*

### Б.3 Измерения методом «трех генераторов»

Расчетные функции и их математические ожидания для режима «трех генераторов» приведены в таблице Б.3.

Таблица Б.3 – Расчетные функции для измерений методом «трех генераторов»

Номер	Вычисляемая функция	Математическое ожидание	Примечания
1	ОРЧ <sub>yx</sub>	$y_y^N - y_x^N + y_{c1}^N$	*
2	ОРЧ <sub>zx</sub>	$y_z^N - y_x^N + y_{c2}^N$	*
3	ОРЧ <sub>yz</sub>	$y_y^N - y_z^N + y_{c1}^N - y_{c2}^N$	*
4	СКО <sub>yx</sub>	$\sqrt{\delta_y^2 + \delta_x^2 + \delta_{c1}^2}$	*
5	СКО <sub>zx</sub>	$\sqrt{\delta_z^2 + \delta_x^2 + \delta_{c2}^2}$	*
6	СКО <sub>yz</sub>	$\sqrt{\delta_y^2 + \delta_z^2 + \delta_{c1}^2 + \delta_{c2}^2}$	*
7	СКО <sub>x</sub>	$\sqrt{\delta_x^2}$	***
8	СКО <sub>y</sub>	$\sqrt{\delta_y^2 + \delta_{c1}^2}$	**
9	СКО <sub>z</sub>	$\sqrt{\delta_z^2 + \delta_{c2}^2}$	**
10	СКДО <sub>yx</sub>	$\sqrt{\sigma_y^2 + \sigma_x^2 + \sigma_{c1}^2}$	*
11	СКДО <sub>zx</sub>	$\sqrt{\sigma_z^2 + \sigma_x^2 + \sigma_{c2}^2}$	*
12	СКДО <sub>yz</sub>	$\sqrt{\sigma_y^2 + \sigma_z^2 + \sigma_{c1}^2 + \sigma_{c2}^2}$	*
13	СКДО <sub>x</sub>	$\sqrt{\sigma_x^2}$	***
14	СКДО <sub>y</sub>	$\sqrt{\sigma_y^2 + \sigma_{c1}^2}$	**
15	СКДО <sub>z</sub>	$\sqrt{\sigma_z^2 + \sigma_{c2}^2}$	**

Ив. № подл.	Подп. и дата
Взамен инв. №	Ив. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

### Примечания

\* – результаты, содержащие систематическую погрешность за счет опорного сигнала и компараторов;

\*\* – результаты, систематическая погрешность которых определяется только нестабильностью компараторов;

\*\*\* – результаты, не имеющие систематической погрешности.

Видно, что только сигнал X может быть измерен без систематической погрешности.

Для функций с номерами 3; 6; 7; 8; 9; 13; 14; 15 существует систематическая погрешность, вызванная разностью моментов измерения в каналах ( $\Delta$ ). Для исключения этой погрешности необходимо чтобы при измерениях эта задержка была мала по сравнению со временем корреляции измеряемого отклонения частоты.

#### Б.4 Список литературы по измерениям нестабильности частоты

1) J. Gros Lambert, D. Fest, M. Oliver, J.J. Gagnepain. Characterization of Frequency Fluctuations by Cross-correlations and by Using Tree or more Oscillators. Proc. 35<sup>th</sup> Ann. Freq. Control Symposium, USAERADCOM, Ft. Monmouth, NJ 07703, May 1981.

2) Kazuyuki Yoshimura. Characterization of Frequency Stability: Uncertainty Due to the Autocorrelation of the Frequency Fluctuations. IEEE TRANSACTIONS ON INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT. VOL. IM-27, NO.1, MARCH 1978.

3) И.Н. Чернышев. Аппаратурная составляющая систематической погрешности измерения нестабильности частоты методом трех генераторов. Техника средств связи. Серия РИТ. 1990, выпуск 2.

4) Г.П. Пашев, И.Н. Чернышев. Погрешность измерения нестабильности частоты методом трех генераторов. Техника средств связи. Серия РИТ. 1987, выпуск 6.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взамен инв.№	Инв. № дубл.	Подп. и дата	ЯКУР.411146.014РЭ	Лист
						45
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

## Лист регистрации изменений

Из- ме- не- ние	Номера листов (страниц)				Всего листов (стра- ниц) в док.	№ документа	Вход. № сопроводи- тельного документа и дата	Под- пись	Да- та
	Изме- нен- ных	Заме- ненных	Новых	Анну- лиро- ванных					
4		17			46	ЯКУР.107-2011			
5		9			46	ЯКУР.019-2013			
6		все			46	ЯКУР.069-2014			

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЯКУР.411146.014РЭ

Лист

46