

**Государственная система обеспечения единства измерений**  
Акционерное общество  
«Приборы, Сервис, Торговля»  
(АО «ПриСТ»)

**УТВЕРЖДАЮ**  
Главный метролог  
АО «ПриСТ»



А.Н. Новиков

января 2018 г.

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ**

**Частотомеры универсальные серии CNT-90**

**МЕТОДИКА ПОВЕРКИ  
ПР-04-2018МП**

**г. Москва  
2018 г.**

Настоящая методика устанавливает методы и средства первичной и периодических поверок частотомером универсальных серии CNT-90, изготавливаемых фирмой «PENDULUM INSTRUMENTS SP. Z O.O.», Польша.

Частотомеры универсальные серии CNT-90 (далее частотомеры) предназначены для измерения: частоты непрерывных синусоидальных импульсно-модулированных сигналов, периода, отношения частот, длительности временных интервалов, длительности импульсов, длительности фронта и среза импульсов, фазового сдвига между сигналами, коэффициента заполнения импульсов, счёта числа импульсов (только модификация CNT-91).

Интервал между поверками 1 год.

Периодическая поверка частотомеров в случае их использования для измерений меньшего числа величин или на меньшем числе поддиапазонов измерений, по отношению к указанным в разделе «Метрологические и технические характеристики» описания типа, допускается на основании письменного заявления владельца частотомера, оформленного в произвольной форме. Соответствующая запись должна быть сделана в свидетельстве о поверке приборов.

## 1 Операции поверки

1.1 При первичной и периодической поверке частотомеров выполняются операции, указанные в таблице 1.

1.2 При получении отрицательных результатов при выполнении любой из операций поверка прекращается и частотомер бракуется.

Таблица 1 – Операции поверки

| Наименование операции   | Номер пункта методики поверки | Проведение операции при |                       |
|---|-------------------------------|-------------------------|-----------------------|
|   |                               | первичной поверке       | периодической поверке |
| 1   | 2                             | 3                       | 4                     |
| Внешний осмотр  | п.7.1                         | Да                      | Да                    |
| Опробование   | п.7.2                         | Да                      | Да                    |
| Проверка идентификационных данных программного обеспечения  | п.7.3                         | Да                      | Да                    |
| Определение относительного дрейфа частоты и нестабильности кварцевого опорного генератора частотомера           | п.7.4                         | Да                      | Да                    |
| Определение относительного дрейфа частоты и нестабильности рубидиевого опорного генератора (для модели CNT-91R) | п.7.5                         | Да                      | Да                    |
| Определение диапазона, чувствительности и абсолютной погрешности измерений частоты                              | п.7.6                         | Да                      | Да                    |
| Подстройка (калибровка) встроенного опорного генератора   | п.7.7                         | Да                      | Да                    |
| Определение функционирования режимов измерения частотомера  | п.8                           | Да                      | Да                    |

## 2 Средства поверки

2.1 При проведении поверки должны применяться средства поверки, перечисленные в таблицах 2 и 3.

2.2 Допускается применение других средств поверки, обеспечивающие измерение значений соответствующих величин с требуемой точностью.

2.3 Все средства поверки должны быть исправны, поверены и иметь свидетельства (отметки в формулярах или паспортах) о поверке.

Таблица 2 – Средства поверки

| Номер пункта МП | Тип средства поверки   |
|-----------------|--|
| п.п. 7.2-7.5    | <p>Генератор импульсов Agilent 81150A: синусоидальный сигнал от 1 мкГц до 240 МГц, импульсный сигнал от 1 мкГц до 140 МГц; пределы допускаемой погрешности с внешней опорной частотой за 1 год: <math>\pm 5 \cdot 10^{-10}</math> (<math>\pm 1,5 \cdot 10^{-12}</math> при поверке CNT-91R); пределы допускаемой погрешности установки амплитуды импульсов на нагрузке 50 Ом <math>\pm(0,015 \cdot U + 0,005)</math> В.</p> <p>Генератор сигналов Agilent E8257D с опцией 567: диапазон частот от 250 кГц до 40 ГГц; диапазон мощности выходного сигнала от минус 30 дБмВт до 10 дБмВт; пределы допускаемой погрешности с внешней опорной частотой за 1 год <math>\pm 5 \cdot 10^{-10}</math> (<math>\pm 1,5 \cdot 10^{-12}</math>).</p> <p>Вольтметр высокочастотный Boonton 9231: диапазон частот от 10 кГц до 1,2 ГГц; диапазон измерения напряжения от 0,2 мкВ до 3 В; пределы допускаемой погрешности измерения напряжения на частоте 1 МГц <math>\pm(0,01 \cdot U + 10^{-6} \cdot U_{\text{предел}})</math>; неравномерность АЧХ <math>\pm 3</math> % в используемом диапазоне до 400 МГц.</p> <p>Ваттметр (блок измерительный N1914A с преобразователем N8488A), диапазон частот от 10 МГц до 67 ГГц, диапазон мощности от -35 до +20 дБм, относительная погрешность коэффициента калибровки от <math>\pm 2,83</math> % до <math>\pm 6,46</math> %.</p> <p>Стандарт частоты и времени водородный Ч1-1007: синусоидальный сигнал частотой 5; 10 МГц, импульсный сигнал 1 Гц; пределы относительной погрешности по частоте <math>\pm 1,5 \cdot 10^{-13}</math>.</p> |
| п.п. 7.4-7.6    | <p>Средства поверки по п. 7.2.</p> <p>Компаратор частотный Ч7-1014. Частоты входных измеряемых сигналов 1; 5; 10 МГц; пределы допускаемой погрешности измерения <math>\pm 1 \cdot 10^{-12}</math> при времени измерения 1 с и <math>\pm 5 \cdot 10^{-13}</math> при времени измерения 10с.</p>   |
| п.7.7           | <p>Стандарт частоты и времени водородный Ч1-1007</p> <p>Компаратор частотный Ч7-1014</p>   |

Таблица 3 – Вспомогательные средства поверки

| Измеряемая величина | Диапазон измерений | Класс точности, погрешность | Тип средства поверки                     |
|---------------------|--------------------|-----------------------------|--|
| Температура         | от 0 до 50 °С.     | $\pm 0,25$ °С               | Цифровой термометр-гигрометр Fluke 1620A |
| Давление            | от 30 до 120 кПа   | $\pm 300$ Па                | Манометр абсолютного давления Testo 511  |
| Влажность           | от 10 до 100 %     | $\pm 2$ %                   | Цифровой термометр-гигрометр Fluke 1620A |

### 3 Требования к квалификации поверителей

К поверке допускаются лица, изучившие эксплуатационную документацию на поверяемые средства измерений, эксплуатационную документацию на средства поверки и соответствующие требованиям к поверителям средств измерений согласно ГОСТ Р 56069-2014.

### 4 Требования безопасности

4.1 При проведении поверки должны соблюдаться все требования безопасности в соответствии с ГОСТ 12.3.019-80.

## **5 Условия поверки**

При проведении поверки должны соблюдаться следующие требования:

- температура окружающей среды ( $23\pm 5$ ) °С;
- относительная влажность воздуха не более 80 %;
- атмосферное давление от 84 до 106 кПа (630 – 795 мм рт. ст.).

## **6 Подготовка к поверке**

6.1 Перед проведением поверки должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

– проведены технические и организационные мероприятия по обеспечению безопасности проводимых работ в соответствии с действующими положениями ГОСТ 12.27.0-75;

– проверить наличие действующих свидетельств поверки на основные и вспомогательные средства поверки.

6.2 Средства поверки и поверяемый прибор должны быть подготовлены к работе согласно их руководствам по эксплуатации.

6.3 Проверено наличие удостоверения у поверителя на право работы на электроустановках с напряжением до 1000 В с группой допуска не ниже III.

6.4 Контроль условий проведения поверки по пункту 5 должен быть проведен перед началом поверки.

## **7 Проведение поверки**

### **7.1 Внешний осмотр**

Перед поверкой должен быть проведен внешний осмотр, при котором должно быть установлено соответствие поверяемого прибора следующим требованиям:

- не должно быть механических повреждений корпуса. Все надписи должны быть четкими и ясными;
- все разъемы, клеммы и измерительные провода не должны иметь повреждений и должны быть чистыми.

При наличии дефектов поверяемый прибор бракуется и подлежит ремонту.

### **7.2 Опробование**

Опробование частотомеров проводят путем проверки их на функционирование в соответствии с руководством по эксплуатации.

При опробовании проводится проверка всех режимов измерения частотомера.

#### **7.2.1 Проверка измерения периода сигнала**

Проверка измерения периода сигнала проводится с помощью генератора 81150А и стандарта частоты Ч1-1007. При проведении измерений генератор 81150А должен находиться в режиме формирования прямоугольного сигнала.

7.2.1.1 Собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 1 и установить на частотомере режимы:

- MEAS FUNC→Period→Average→A (Функции измерения→Период→Усреднённый период→Вход А);
- В параметрах входа А установить: входное сопротивление 50 Ом; уровень запуска ручной; уровень запуска 0 В; связь входа DC: измерение по переднему фронту импульса; фильтр выключен;
- Время измерения 1 секунда.

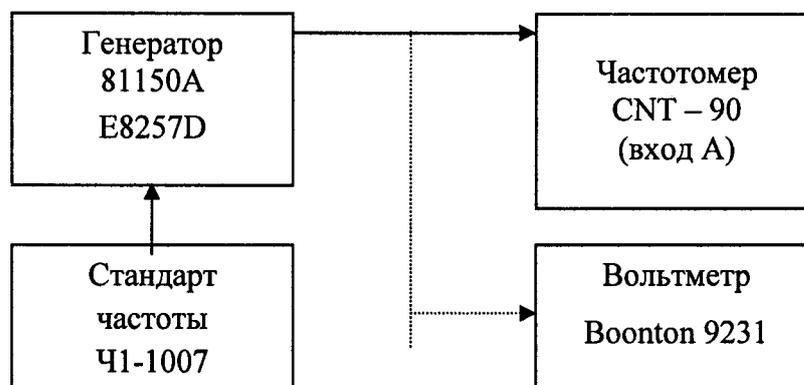


Рисунок 1

7.2.1.2 Провести измерения для входов А и В в точках 100 мкс и 10 нс при уровне входного сигнала 2,8284 В пикового значения.

7.2.1.3 Проверка измерения периодов сигнала по входу С проводится с помощью генератора E8257D с опцией 567 и стандарта частоты Ч1-1007.

7.2.1.4 Выполнить соединение приборов, как показано на рисунке 1, и установить на частотомере режим MEAS FUNC→Period→Average→C (Функции →Период→Усреднённый период→Вход С).

7.2.1.5. Провести измерения периода сигнала в трех точках, равномерно распределенных по диапазону измерений (в зависимости от установленных опций входа С), при уровне сигнала 0 дБм.

Таблица 4 – Диапазоны измерения периода сигнала

| Наименование характеристики                            | Значение  |  |
|--|---|--|
|  | CNT-90, CNT-91, CNT-91R                         | CNT-90XL                                       |
| Диапазон измерений периодов для входа С, с (опция 10)  | от $3,3 \cdot 10^{-10}$ до $1 \cdot 10^{-8}$    | -  |
| Диапазон измерений периодов для входа С, с (опция 13)  | от $1,25 \cdot 10^{-10}$ до $3,3 \cdot 10^{-9}$ | -  |
| Диапазон измерений периодов для входа С, с (опция 14)  | от $7,2 \cdot 10^{-11}$ до $5 \cdot 10^{-9}$    | -  |
| Диапазон измерений периодов для входа С, с (опция 14В) | от $5 \cdot 10^{-11}$ до $5 \cdot 10^{-9}$      | -  |
| Диапазон измерений периодов для входа С, с (опция 27G) | -   | от $3,7 \cdot 10^{-11}$ до $3,3 \cdot 10^{-9}$ |
| Диапазон измерений периодов для входа С, с (опция 40G) | -   | от $2,5 \cdot 10^{-11}$ до $3,3 \cdot 10^{-9}$ |
| Диапазон измерений периодов для входа С, с (опция 46G) | -   | от $2,2 \cdot 10^{-11}$ до $3,3 \cdot 10^{-9}$ |
| Диапазон измерений периодов для входа С, с (опция 60G) | -   | от $1,7 \cdot 10^{-11}$ до $3,3 \cdot 10^{-9}$ |

Результат поверки считать положительным, если обеспечивается измерение периода сигнала в заданных точках.

## 7.2.2 Проверка измерения временных интервалов

Проверка измерения временных интервалов проводится с помощью генератора 81150А и стандарта частоты Ч1-1007.

7.2.2.1 Подключить приборы по схеме, приведённой на рисунке 2 и установить на частотомере режим измерения временных интервалов в соответствии с руководством по эксплуатации:

- MEAS FUNC→Time→ Time Interval→A to B (Функции измерения→ Время→ Временные интервалы→вход А относительно входа В);
- В параметрах входов А и В установить: входное сопротивление 50 Ом; уровень запуска ручной; уровень запуска 0 В; связь входа DC: измерение по переднему фронту импульса.

7.2.2.2 На генераторе 81150А установить:

- связанный режим работы (нажать на передней панели генератора 81150А кнопку Coupling, кнопка Coupling должна подсвечиваться);
- режим формирования прямоугольных сигналов;
- амплитуду выходных импульсов равную 2,8284 В пикового значения для обоих Каналов «1» и «2»;
- значение временной задержки Abs Delay в Канале 1 равным 0 пс;
- значение временной задержки Abs Delay в Канале 2 по пункту 7.2.2.3.

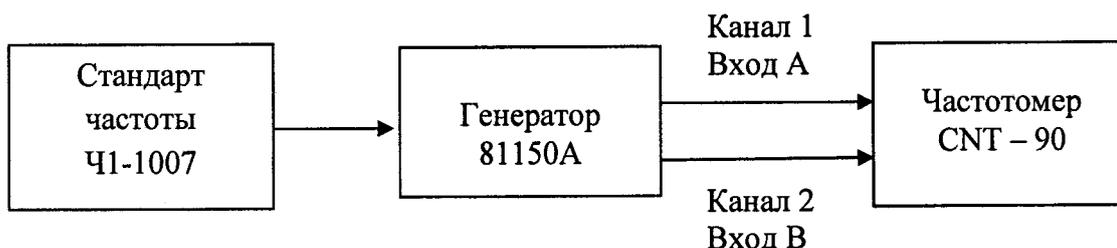


Рисунок 2

7.2.2.3 Подать с выхода Out 1 генератора 81150А опорные импульсы на вход А частотомера, а задержанные импульсы с выхода Out 2 на вход В. Произвести измерение временных интервалов в точках 5 нс, 100 мкс и 1 с.

Результат проверки считать положительным, если обеспечивается измерение временных интервалов в заданных точках.

### 7.2.3 Проверка измерения длительности импульсов

Определение погрешности измерения длительности импульсов на входах А и В проводится с помощью генератора 81150А и стандарта частоты Ч1-1007.

7.2.3.1 Выполнить соединение приборов, как показано на рисунке 3.

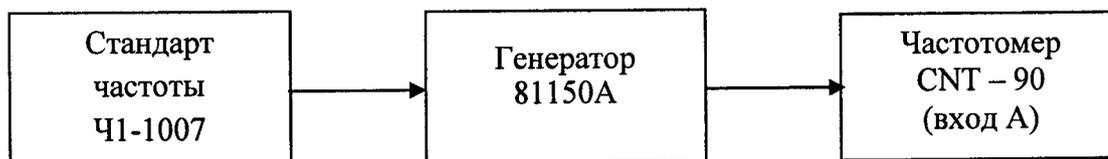


Рисунок 3

7.2.3.2 Установить на частотомере режим:

- Измерения длительности MEAS FUNC→ Pulse → WidthPositive →А (Функции измерения→ Длительность импульса → Импульс положительной полярности →вход А);
- В параметрах входа А установить: входное сопротивление 50 Ом; уровень запуска ручной; уровень запуска 0 В; связь входа DC; измерение по переднему фронту импульса.

7.2.3.3 На генераторе 81150А установить:

- режим формирования импульсных сигналов;
- период повторения импульсного сигнала 500 мс;

- амплитуду выходных импульсов равную 2,8284 В пикового значения; постоянное смещение 0 В;

7.2.3.4 Произвести измерение длительности импульса в точках 100 мкс, 100 нс и 5 нс на входах А и В.

Результат поверки считать положительным, если обеспечивается измерение длительности импульса в заданных точках.

#### **7.2.4 Проверка измерения фазового сдвига между входами А и В**

Проверка измерения временных интервалов проводится с помощью генератора 81150А и стандарта частоты Ч1-1007.

7.2.4.1 Подключить приборы по схеме, приведённой на рисунке 3, (соединительные кабели должны быть одной длины и одного типа), установить на частотомере режим измерения фазового сдвига:

- измерение фазового сдвига MEAS FUNC → Phase → A rel B (Функции измерения → Фаза → Вход А относительно входа В);
- В параметрах входов А и В установить: входное сопротивление 50 Ом; уровень запуска ручной; уровень запуска 0 В; связь входа DC; измерение по переднему фронту импульса.

7.2.4.2 На генераторе 81150А установить:

- связанный режим работы (нажать на передней панели генератора 81150А кнопку Coupling, кнопка Coupling должна подсвечиваться);
- режим формирования прямоугольных сигналов;
- амплитуду выходных импульсов равную 2,8284 В пикового значения для Каналов «1» и «2»;
- постоянное смещение 0 В для обоих Каналов «1» и «2»;
- в Канале 2 нажать кнопку Delay и выбрать режим фазового сдвига, нажатием на кнопку Phase;

7.2.4.3 Подать с выхода Out 1 генератора импульсов 81150А опорные импульсы на вход А частотомера, а задержанные импульсы с выхода Out 2 на вход В. Произвести измерение временных интервалов при частоте 1 кГц в точках 0°, 90°, 180°, 270°.

Результат поверки считать положительным, если обеспечивается измерение фазового сдвига в заданных точках.

#### **7.2.5 Проверка измерения коэффициента заполнения импульсов**

Проверка измерения временных интервалов проводится с помощью генератора 81150А и стандарта частоты Ч1-1007.

7.2.5.1 Подключить приборы по схеме, приведённой на рисунке 3 и установить на частотомере режим:

- измерения MEAS FUNC → Pulse → Duty Factor Positive → А (Функции измерения → Импульс → Импульс положительной полярности → Вход А).
- В параметрах входа А установить: входное сопротивление 50 Ом; уровень запуска ручной; уровень запуска 0 В; связь входа DC; измерение по переднему фронту импульса.

7.2.5.2 На генераторе 81150А установить:

- режим формирования импульсных сигналов;
- амплитуду выходных импульсов равную 2,8284 В пикового значения;
- период повторения импульсов 10 мс;
- постоянное смещение 0 В для Канала «1»;

7.2.5.3 Произвести измерение коэффициента заполнения импульса в точках 0,5, 0,000001 и 0,999999 на входах А и В при установленной длительности импульса 5 мс, 10 нс, 9,99999 мс, соответственно

Результат поверки считать положительным, если обеспечивается измерение коэффициента заполнения импульса в заданных точках.

### 7.3 Проверка идентификационных данных программного обеспечения

Проверка идентификационных данных программного обеспечения частотомеров осуществляется путем вывода на дисплей прибора информации о версии программного обеспечения. Вывод системной информации осуществляется по процедуре, описанной в руководстве по эксплуатации на прибор.

Результат считается положительным, если версия программного обеспечения соответствует данным, приведенным в таблице 5.

Таблица 5 – Характеристики программного обеспечения

| Идентификационные данные (признаки)       | Значение     |
|---|--------------|
| Идентификационное наименование ПО         | Firmware     |
| Номер версии (идентификационный номер ПО) | не ниже 1.01 |

### 7.4 Определение относительного дрейфа частоты и нестабильности кварцевого опорного генератора частотомера

Определение относительной погрешности по частоте кварцевого опорного генератора частотомера проводится по истечении времени прогрева, равного 30 минутам, методом сличения при помощи компаратора частотного Ч7-1014.

7.4.1. Для проведения поверки собрать схему, представленную на рисунке 4.

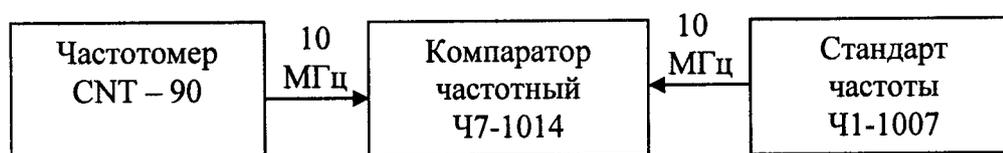


Рисунок 4

7.4.2 Подать сигнал с выхода «10 MHz OUT» поверяемого частотомера на разъем ВХОД  $f_x$  компаратора частотного Ч7-1014. От водородного стандарта частоты и времени Ч1-1007 (далее, стандарт частоты Ч1-1007) подать сигнал на разъем ВХОД  $f_0$  компаратора частотного Ч7-1014. Установить время измерения равным 10 с. Задать число измерений  $n$  равным 10, записать среднее значение относительного отклонения частоты. Записать в протокол относительное отклонение по частоте ОГ относительно номинального значения частоты ОГ при поступлении в поверку.

Таблица 6 – Пределы допускаемого относительного дрейфа частоты ОГ за 1 год

| Наименование характеристики   | Значение                |                       |                       |                    |
|---|-------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|
|   | Модификация частотомера |                       |                       |                    |
|   | CNT-90                  | CNT-90XL              | CNT-91                | CNT-91R            |
| Пределы допускаемого относительного дрейфа частоты ОГ за 1 год (стандартное исполнение) | $\pm 5 \cdot 10^{-6}$   | $\pm 2 \cdot 10^{-7}$ | $\pm 5 \cdot 10^{-6}$ | $3 \cdot 10^{-10}$ |
| Пределы допускаемого относительного дрейфа частоты ОГ за 1 год для опций ОГ             |                         |                       |                       |                    |
| - опция 19/90   | $\pm 2 \cdot 10^{-7}$   |                       |                       |                    |
| - опция 30/90   | $\pm 5 \cdot 10^{-8}$   |                       |                       |                    |
| - опция 40/90   | $\pm 1,5 \cdot 10^{-8}$ |                       |                       |                    |

7.4.3 Установить время измерения компаратора частотного Ч7-1014 равным 10 с. Задать число измерений  $n$  равным 10 и записать результаты измерения среднего квадратического двухвыборочного отклонения (СКДО) опорного генератора за 1, 10 с. По

истечении времени измерения на экране компаратора частотного Ч7-1014 отобразится значение  $\Delta f / f_0$ . Необходимо нажать кнопку «σ» и зафиксировать результат измерения.

Результаты поверки считать положительными, если относительного дрейфа частоты ОГ за 1 год не превышает значений, указанных в таблице 6.

### 7.5 Определение относительного дрейфа частоты и нестабильности рубидиевого опорного генератора (для модели CNT-91R)

Определение погрешности по частоте рубидиевого опорного генератора частотомера проводится по истечении времени включения (не менее 2 часов) методом сличения при помощи компаратора частотного Ч7-1014 при изменении температуры  $\pm 1$  °С за время измерений.

7.5.1 Собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 4.

7.5.2 Подать сигнал с выхода «10 MHz OUT» поверяемого частотомера на вход  $f_x$  компаратора частотного Ч7-1014. От стандарта частоты Ч1-1007, подать сигнал на разъем ВХОД  $f_0$  компаратора частотного Ч7-1014. Установить время измерения равным 10 с. Задать число измерений  $n$  равным 10, записать среднее значение относительного отклонения частоты. Записать в протокол относительное отклонение по частоте ОГ относительно номинального значения частоты ОГ при поступлении в поверку.

7.5.3 Установить время усреднения компаратора частотного Ч7-1014 равным 10 с. Задать число измерений  $n$  равным 10 и записать результаты измерения среднего квадратического двухвыборочного отклонения (СКДО) опорного генератора за 1, 10 с. По истечении времени измерения на экране компаратора частотного Ч7-1014 отобразится значение  $\Delta f / f_0$ . Необходимо нажать кнопку «σ» и зафиксировать результат измерения.

Результаты поверки считать положительными, если относительного дрейфа частоты ОГ за 1 год не превышает значений, указанных в таблице 6.

### 7.6 Определение диапазона, чувствительности и абсолютной погрешности измерений частоты.

Определение диапазона частот, чувствительности и относительной погрешности измерений частоты в диапазоне 0,001 Гц – 100 МГц по входам А и В проводится с помощью генератора импульсов Agilent 81150A (далее генератор 81150A) с внешним источником опорной частоты от стандарта частоты Ч1-1007. Генератор 81150A должен находиться в режиме формирования прямоугольных импульсов и длительность фронта должна иметь значение 2,5 нс. При частотах свыше 100 кГц генератор 81150A следует заменить на генератор сигналов Agilent E8257D (далее генератор E8257D)

7.6.1 Уровень сигнала на выходе генератора 81150A устанавливать по показаниям генератора. Уровень сигнала на выходе генератора E8257D устанавливать по показаниям вольтметра Boonton 9231.

7.6.2 Собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 5 и установить на частотомер режим:

- Измерения MEAS FUNC→Freq→Freq→A (Функции измерения→Частота→вход А);
- В параметрах входа А установить: входное сопротивление 50 Ом; уровень запуска ручной; Уровень запуска 0 В; связь входа DC (при измерении частот свыше 100 кГц установить связь входа AC): измерение по переднему фронту импульса; фильтр включен (при измерении частот свыше 100 кГц фильтр выключить);
- Время измерения 10 секунд.

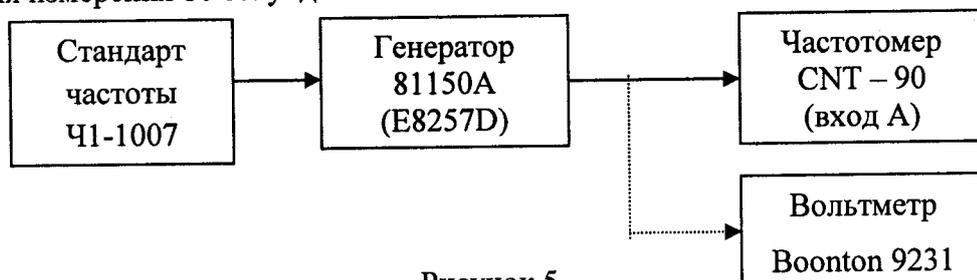


Рисунок 5

7.6.3 Задать параметры входного сигнала в соответствии с таблицей 6.

7.6.4 Провести 2 цикла измерений, считать результат измерения с основного дисплея частотомера и внести результат измерений в таблицу 6.

7.6.5 Повторить измерения по п.п. 7.6.1 - 7.6.4 для входа В частотомера.

7.6.6 Определение диапазона частот, чувствительности и относительной погрешности измерений по ВХОДУ С в диапазоне частот от 300 МГц до 60 ГГц (в зависимости от установленных опций) проводить при помощи генератора E8257D с опцией 567, стандарта частоты Ч1-1007 и ваттметра N1914A с преобразователем N8488A. Уровень сигнала на выходе генератора устанавливать по показаниям ваттметра, подключенного к концу измерительного кабеля.

7.6.7 Собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 6 и установить на частотомере режим: MEAS FUNC→Freq→Freq→C

(Функции измерения→ Частота→Частота→вход С).

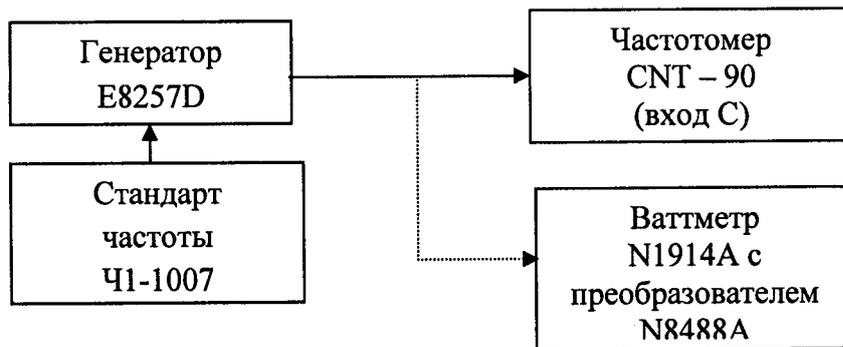


Рисунок 6

7.6.8 Задать параметры входного сигнала в соответствии с таблицей 7 в зависимости от установленной опции частотного диапазона в частотомере.

7.6.9 Провести 2 цикла измерений, считать результат измерения с основного дисплея частотомера и результат измерений в таблицу 7.

7.6.10 Результаты поверки считать положительными, если чувствительность и абсолютная погрешность измерения частоты не превышают значений, рассчитанных по формулам, указанных в таблицах 6 и 7.

Таблица 6 – Определение диапазона, чувствительности и абсолютной погрешности измерения частоты для входов А и В

| Напряжение входного сигнала, $U_{ВХ}$ | Частота входного сигнала, $F_{ВХ}$ | Измеренное значение частоты, $F_{ИЗМ}$ | Значение абсолютной погрешности, Гц | Пределы допускаемой абсолютной погрешности, Гц<br>(в зависимости от типа ОГ) |                            |                           |                          |                           |
|---------------------------------------|------------------------------------|--|-------------------------------------|--|----------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|
|                                       |                                    |  |                                     | УСХО   | ОСХО                       | опция 30/90               | опция 40/90              | рубидиевый                |
| 50 мВ <sub>п-п</sub>                  | 1 Гц                               |  |                                     | $\pm 2,8868 \cdot 10^{-6}$   | $\pm 1,155 \cdot 10^{-7}$  | $\pm 2,887 \cdot 10^{-8}$ | $\pm 8,66 \cdot 10^{-9}$ | $\pm 1,74 \cdot 10^{-10}$ |
|                                       | 100 Гц                             |  |                                     | $\pm 2,8868 \cdot 10^{-4}$   | $\pm 1,155 \cdot 10^{-5}$  | $\pm 2,887 \cdot 10^{-6}$ | $\pm 8,66 \cdot 10^{-7}$ | $\pm 1,74 \cdot 10^{-8}$  |
|                                       | 1 кГц                              |  |                                     | $\pm 28868 \cdot 10^{-3}$  | $\pm 1,1550 \cdot 10^{-4}$ | $\pm 2,887 \cdot 10^{-5}$ | $\pm 8,66 \cdot 10^{-6}$ | $\pm 1,74 \cdot 10^{-7}$  |
|                                       | 10 кГц                             |  |                                     | $\pm 2,8868 \cdot 10^{-2}$   | $\pm 1,1550 \cdot 10^{-3}$ | $\pm 2,887 \cdot 10^{-4}$ | $\pm 8,66 \cdot 10^{-5}$ | $\pm 1,74 \cdot 10^{-6}$  |
|                                       | 100 кГц                            |  |                                     | $\pm 0,28868$  | $\pm 1,1550 \cdot 10^{-2}$ | $\pm 2,887 \cdot 10^{-3}$ | $\pm 8,66 \cdot 10^{-4}$ | $\pm 1,74 \cdot 10^{-5}$  |
| 18 мВ <sub>скз</sub>                  | 1 МГц                              |  |                                     | $\pm 2,8868$   | $\pm 0,11550$              | $\pm 2,887 \cdot 10^{-2}$ | $\pm 8,66 \cdot 10^{-3}$ | $\pm 1,74 \cdot 10^{-4}$  |
|                                       | 10 МГц                             |  |                                     | $\pm 28,8675$  | $\pm 1,1550$               | $\pm 0,2887$              | $\pm 8,66 \cdot 10^{-2}$ | $\pm 1,74 \cdot 10^{-3}$  |
|                                       | 100 МГц                            |  |                                     | $\pm 288,675$  | $\pm 11,550$               | $\pm 2,887$               | $\pm 0,866$              | $\pm 1,74 \cdot 10^{-2}$  |
|                                       | 200 МГц                            |  |                                     | $\pm 577,350$  | $\pm 23,094$               | $\pm 5,774$               | $\pm 1,732$              | $\pm 3,47 \cdot 10^{-2}$  |
| 25 мВ <sub>скз</sub>                  | 300 МГц                            |  |                                     | $\pm 866,025$  | $\pm 34,641$               | $\pm 8,660$               | $\pm 2,598$              | $\pm 5,20 \cdot 10^{-2}$  |
| 35 мВ <sub>скз</sub>                  | 400 МГц                            |  |                                     | $\pm 1154,701$   | $\pm 46,188$               | $\pm 11,547$              | $\pm 3,464$              | $\pm 6,94 \cdot 10^{-2}$  |

Примечание  
 $V_{п-п}$  – значение размаха входного сигнала  
 $V_{скз}$  – среднее квадратическое значение входного сигнала

Таблица 7 – Определение диапазона, чувствительности и абсолютной погрешности измерения частоты для входов А и В

| Опция    | Частота входного сигнала | Мощность входного сигнала, дБм | Измеренное значение частоты, Гц | Значение абсолютной погрешности, Гц | Пределы допускаемой абсолютной погрешности, Гц<br>(в зависимости от типа ОГ) |               |               |              |              |
|----------|--------------------------|--------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|--|---------------|---------------|--------------|--------------|
|          |                          |                                |                                 |                                     | УСХО   | ОСХО          | опция 30/90   | опция 40/90  | рубидиевый   |
| 1        | 2                        | 3                              | 4                               | 5                                   | 6  | 7             | 8             | 9            | 10           |
| опция 10 | 100 МГц                  | -21                            |                                 |                                     | $\pm 288,675$  | $\pm 11,547$  | $\pm 2,887$   | $\pm 0,866$  | $\pm 0,0173$ |
|          | 1,5 ГГц                  | -27                            |                                 |                                     | $\pm 4330,127$   | $\pm 173,205$ | $\pm 43,301$  | $\pm 12,990$ | $\pm 0,2604$ |
|          | 2,6 ГГц                  | -21                            |                                 |                                     | $\pm 7505,554$   | $\pm 300,222$ | $\pm 75,056$  | $\pm 22,517$ | $\pm 0,4513$ |
|          | 3,0 ГГц                  | -15                            |                                 |                                     | $\pm 8660,254$   | $\pm 346,410$ | $\pm 86,603$  | $\pm 25,980$ | $\pm 0,5208$ |
| опция 13 | 300 МГц                  | -21                            |                                 |                                     | $\pm 866,025$  | $\pm 34,641$  | $\pm 8,660$   | $\pm 2,598$  | $\pm 0,0521$ |
|          | 1,5 ГГц                  | -27                            |                                 |                                     | $\pm 4330,127$   | $\pm 173,205$ | $\pm 43,301$  | $\pm 12,990$ | $\pm 0,2604$ |
|          | 4,0 ГГц                  | -21                            |                                 |                                     | $\pm 11547,010$  | $\pm 461,880$ | $\pm 115,470$ | $\pm 34,641$ | $\pm 0,6944$ |
|          | 5,0 ГГц                  | -15                            |                                 |                                     | $\pm 14433,757$  | $\pm 577,350$ | $\pm 144,338$ | $\pm 43,301$ | $\pm 0,8680$ |
|          | 8,0 ГГц                  | -9                             |                                 |                                     | $\pm 23094,011$  | $\pm 923,760$ | $\pm 230,940$ | $\pm 69,282$ | $\pm 1,3887$ |

Продолжение таблицы 7

| 1            | 2        | 3   | 4 | 5 | 6          | 7         | 8         | 9        | 10      |
|--------------|----------|-----|---|---|------------|-----------|-----------|----------|---------|
| опция<br>14  | 250 МГц  | -21 |   |   | ±721,688   | 28,868    | ±7,217    | ±2,165   | ±0,0434 |
|              | 1,0 ГГц  | -27 |   |   | ±2886,751  | ±115,470  | ±28,868   | ±8,660   | ±0,1736 |
|              | 10,0 ГГц | -27 |   |   | ±28867,513 | ±1154,701 | ±288,675  | ±86,603  | ±1,736  |
|              | 14,0 ГГц | -27 |   |   | ±40414,519 | ±1616,581 | ±404,145  | ±121,244 | ±2,430  |
| опция<br>14В | 250 МГц  | -21 |   |   | ±721,688   | ±28,868   | ±7,217    | ±2,165   | ±0,0434 |
|              | 10,0 ГГц | -27 |   |   | ±28867,513 | ±1154,701 | ±288,675  | ±86,603  | ±1,736  |
|              | 16,0 ГГц | -27 |   |   | ±46188,022 | ±1847,521 | ±461,880  | ±138,564 | ±2,777  |
|              | 20,0 ГГц | -21 |   |   | ±57735,027 | ±2309,401 | ±577,350  | ±173,205 | ±3,472  |
| опция<br>27G | 300 МГц  | -33 |   |   | -          | ±34,641   | ±8,660    | ±2,598   | ±0,052  |
|              | 10,0 ГГц | -33 |   |   | -          | ±1154,701 | ±288,675  | ±86,603  | ±1,736  |
|              | 19,0 ГГц | -29 |   |   | -          | ±2193,931 | ±548,483  | ±164,545 | ±3,298  |
|              | 27,0 ГГц | -27 |   |   | -          | ±3117,691 | ±779,423  | ±233,827 | ±4,687  |
| опция<br>40G | 300 МГц  | -33 |   |   | -          | ±34,641   | ±8,660    | ±2,598   | ±0,052  |
|              | 19,0 ГГц | -29 |   |   | -          | ±2193,931 | ±548,483  | ±164,545 | ±3,298  |
|              | 25,0 ГГц | -27 |   |   | -          | ±2886,751 | ±721,688  | ±216,507 | ±4,340  |
|              | 40,0 ГГц | -23 |   |   | -          | ±4618,802 | ±1154,701 | ±346,410 | ±6,943  |
| опция<br>46G | 300 МГц  | -33 |   |   |            | ±34,641   | ±8,660    | ±2,598   | ±0,052  |
|              | 19,0 ГГц | -29 |   |   |            | ±2193,931 | ±548,483  | ±164,545 | ±3,298  |
|              | 25,0 ГГц | -27 |   |   |            | ±2886,751 | ±721,688  | ±216,507 | ±4,340  |
|              | 40,0 ГГц | -23 |   |   |            | ±4618,802 | ±1154,701 | ±346,410 | ±6,944  |
|              | 46,0 ГГц | -17 |   |   |            | ±5311,623 | ±1327,906 | 398,372  | 7,985   |
| опция<br>60G | 300 МГц  | -33 |   |   | -          | ±34,641   | ±8,660    | ±2,598   | ±0,052  |
|              | 19,0 ГГц | -29 |   |   | -          | ±2193,931 | ±548,483  | ±164,545 | ±3,298  |
|              | 25,0 ГГц | -27 |   |   | -          | ±2886,751 | ±721,688  | ±216,507 | ±4,340  |
|              | 40,0 ГГц | -23 |   |   | -          | ±4618,802 | ±1154,701 | ±346,410 | ±6,944  |
|              | 46,0 ГГц | -17 |   |   | -          | ±5311,623 | ±1327,906 | ±398,372 | ±7,985  |
|              | 60,0 ГГц | -15 |   |   | -          | ±6928,203 | ±1732,051 | ±519,616 | ±10,415 |

Примечание:

При использовании средств поверки, отличных от указанных в таблице 2 настоящей методики, расчет погрешности измерений частоты производить по формулам:

Пределы допускаемой суммарной абсолютной погрешности измерения частоты:

$$\pm(\Delta_{\text{сист}} + 2 \cdot \Delta_{\text{случ}}),$$

где  $\Delta_{\text{сист}}$  – предел допускаемой систематической абсолютной погрешности измерения;

$\Delta_{\text{случ}}$  – предел допускаемой случайной абсолютной погрешности.

$$\Delta_{\text{сист}} = \sqrt{\frac{(\Delta f_{\text{ог}} \cdot F_{\text{изм}})^2 + \left(\frac{2 \cdot 10^{-10}}{t_{\text{изм}}} \cdot F_{\text{изм}}\right)^2}{3}}, \text{ где}$$

$\Delta f_{\text{ог}}$  – предел допускаемого относительного дрейфа частоты ОГ;

$F_{\text{изм}}$  – измеренное значение частоты, Гц;

$t_{\text{изм}}$  – установленное значение времени измерения, с

$$\Delta_{\text{случ}} = \frac{25 \cdot \sqrt{E_q^2 + 2 \cdot (\Delta T_z)^2}}{t_{\text{изм}} \cdot \sqrt{N}} \cdot F_{\text{изм}}, \text{ где}$$

$E_q$  – разрешающая способность измерения (ошибка квантования), с:

$E_q = 10^{-10}$  для модификаций CNT-90 и CNT-90XL;

$E_q = 5 \cdot 10^{-11}$  для модификаций CNT-91 и CNT-91R;

$t_{\text{изм}}$  – установленное значение времени измерения, с;

$\Delta T_z$  – предел допускаемой абсолютной погрешности, обусловленной системой запуска;

$F_{\text{изм}}$  – измеренное значение частоты, Гц.

$N = \frac{800}{t_{\text{изм}}}$ , при этом значение  $N$  находится в пределах:

$$6 \leq N \leq 1000 \text{ и } N < \frac{F_{\text{изм}}}{2} t_{\text{изм}} - 2$$

$$\Delta T_z = \sqrt{T_{\text{шум}}^2 + T_{\text{джиттер}}^2}, \text{ где}$$

$$T_{\text{шум}} = \frac{\sqrt{2,5 \cdot 10^{-7} + V_{\text{шумсигн}}^2}}{S_{xy}}, \text{ где}$$

$T_{\text{джиттер}}$  – среднее квадратическое значение джиттера на одном периоде, с;

$V_{\text{шумсигн}}$  – значение шума на измеряемом сигнале, В<sub>скз</sub>;

$S_{xy}$  – крутизна сигнала на входе А или В частотомера в точке запуска – Х или остановки измерения – Y, В/с;

$S_{xy} = V_{pp} \cdot 2\pi \cdot f$  для сигналов синусоидальной формы с уровнем запуска равным нулю, где

$V_{pp}$  – значение размаха сигнала на входе, В;

$f$  – частота сигнала, Гц

### 7.7 Подстройка (калибровка) встроенного опорного генератора

Провести подстройку опорного генератора частотомера для компенсации относительного дрейфа частоты ОГ за 1 год.

Калибровку проводить при температуре  $+23 \text{ }^\circ\text{C} \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Провести подстройку (калибровку) встроенного опорного генератора согласно инструкции:

– Восстановить заводские настройки (установки по умолчанию): **USER OPT** (пользовательские настройки) > **Save/Recall** (Сохранить/Восстановить) > **Setup** (настройки) > **Recall Setup** (Восстановить настройки) > **Default** (По умолчанию);

– Прогреть поверяемый прибор до рабочей температуры. Время прогрева перед началом процедуры калибровки должно составлять не менее 2 часов;

– Подать сигнал со стандарта частоты Ч1-1007 на вход F<sub>0</sub> частотного компаратора Ч7-1014. Подать выходной сигнал 10 МГц с входа, расположенного на задней панели поверяемого прибора к входу F<sub>x</sub> компаратора частотного Ч7-1014. Время измерения сигнала должно быть не менее 10 с. Измерить и записать отклонение от опорной частоты;

В случае, если отклонение превышает допустимый предел, выполнить следующие указания по калибровке:

– Подать сигнал от стандарта частоты Ч1-1007 на вход А на поверяемом приборе;

– Использовать следующие клавиши: **USER OPT** (пользовательские настройки) > **Calibrate** (Калибровать) > **Timebase** (Калибровать опорный генератор) > **Start Calibrate** (Начать калибровку). Пароль для входа в меню калибровки: 62951413

– Ввести дату калибровки.

– Измерить отклонение от опорной частоты и записать его.

– Записать данные в протокол калибровки.

Относительное отклонение частоты ОГ относительно номинального значения установить согласно таблицы 8 в зависимости от типа ОГ.

Таблица 8 Пределы относительного отклонения частоты ОГ при подстройке

| Наименование характеристики                                  | Значение              |                       |                       |                       |                        |
|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
|  | УСХО                  | ОСХО, опция 19/90     | опция 30/90           | опция 40/90           | рубидиевый             |
| Тип ОГ   |                       |                       |                       |                       |                        |
| Значение относительного отклонения частоты ОГ при подстройке | $\pm 1 \cdot 10^{-6}$ | $\pm 5 \cdot 10^{-8}$ | $\pm 1 \cdot 10^{-8}$ | $\pm 3 \cdot 10^{-9}$ | $\pm 1 \cdot 10^{-11}$ |

Примечание:

Для подстройки (калибровки) частоты опорного генератора поверяемого частотомера можно использовать ряд частот: 5 МГц и 10 МГц. При калибровке необходимо выбрать значение опорной частоты или применить автоматический выбор.

## 8 Оформление результатов поверки

При положительных результатах поверки частотомеров оформляется свидетельство о поверке в соответствии с приказом Минпромторга России от 02.07.2015 № 1815 "Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке".

При отрицательных результатах поверки приборы не допускаются к дальнейшему применению, свидетельство о поверке аннулируется и выдается извещение о непригодности.

Старший специалист отдела испытаний и сертификации

Р.Ф. Шукюров

Начальник отдела испытаний и сертификации

С.А. Корнеев