

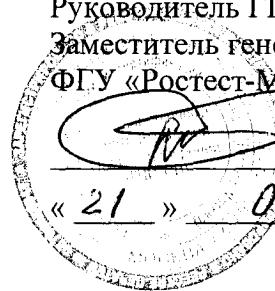
Глава 9. Методика поверки

Частотомеры универсальные
CNT-90, CNT-90XL, CNT-91, CNT-91R, CNT-92

нр 41567-09

СОГЛАСОВАНО

Руководитель ГЦИ СИ
Заместитель генерального директора
ФГУ «Ростест-Москва»



А.С. Евдокимов

« 21 » 07 2009 г.

9 Проверка прибора

9.1 Общие сведения

9.1.1 Настоящая глава устанавливает порядок, методы и средства первичной и периодической поверок прибора.

9.1.2 Порядок организации и проведения поверки должен соответствовать установленному в ПР 50.2.006-94.

9.1.3 Поверитель, непосредственно осуществляющий поверку, должен быть аттестован на право проведения поверки средств измерений в соответствии с требованиями ПР 50.2.012-94.

9.1.4 Межповерочный интервал – 1 год.

9.2 Операции поверки

При проведении поверки должны быть выполнены операции поверки, указанные в таблице 9.2.1.

Таблица 9.2.1

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр	9.5.1	да	да
Опробование	9.5.2	да	да
Определение относительной погрешности по частоте и нестабильности кварцевого опорного генератора частотомера	9.5.3	да	да
Определение относительной погрешности по частоте и нестабильности рубидиевого опорного генератора частотомера СНТ-91Р	9.5.4	да	да
Определение диапазона измеряемых частот, чувствительности и относительной погрешности измерения частоты синусоидального сигнала	9.5.5	да	да
Определение диапазона измеряемых периодов, чувствительности и относительной погрешности измерения периода синусоидального сигнала	9.5.6	да	да
Определение диапазона и абсолютной погрешности измерения интервалов времени	9.5.7	да	да
Определение разрешающей способности измерения частотометром сигналов 1 Гц	9.5.8	да	да
Определение абсолютной погрешности измерения длительности импульсов	9.5.9	да	да

Определение абсолютной погрешности измерения времени нарастания и спада импульса	9.5.10	да	да
Определение относительной погрешности измерения коэффициента заполнения импульсов	9.5.11	да	да
Определение абсолютной погрешности измерения фазового сдвига между входами А и В	9.5.12	да	да
Определение относительной погрешности измерения отношения частот	9.5.13	да	да
Определение абсолютной погрешности измерения мощности в канале С (для СНТ-90ХЛ)	9.5.14	да	да
Определение относительной погрешности измерения частоты при работе от внешнего источника опорной частоты	9.5.15	да	да

Примечание.

Проверку прекращают при получении отрицательного результата любой отдельной операции.

9.3 Организация рабочего места и средства поверки

Используемые при поверке рабочие эталоны и вспомогательные средства измерений должны быть исправны и поверены в установленном порядке; их перечень и характеристики представлены в таблице 9.3.1

Таблица 9.3.1

Наименование рабочих эталонов и вспомогательных средств измерений	Основные технические характеристики	
	Пределы измерения	Пределы допускаемой погрешности
Стандарт частоты и времени FS 725 (применять при поверке частотометров с кварцевым опорным генератором)	Синусоидальный сигнал частотой 5; 10 МГц Импульсный сигнал 1 Гц	ПГ $\pm 5 \cdot 10^{-10}$ за год
Стандарт частоты и времени водородный Ч1-76А (применять при поверке частотометров с рубидиевым опорным генератором)	Синусоидальный сигнал частотой 5 МГц Импульсный сигнал 1 Гц	ПГ $\pm 1,5 \cdot 10^{-12}$ за год
Компаратор частотный Ч7-1014	Сличение частот 5, 10 МГц	ПГ $1 \cdot 10^{-12}$ за 1 с; ПГ $5 \cdot 10^{-13}$ за 10 с
Генератор импульсов 81150А	Синусоидальный сигнал: 1 мкГц – 240 МГц Импульсный сигнал: 1 мкГц – 120 МГц	ПГ с внешней опорной частотой: $\pm 5 \cdot 10^{-10}$ за год $(\pm 1,5 \cdot 10^{-12})$ за год
Генератор сигналов измерительный Е8257Д, вариант 540	Диапазон частот 250 кГц – 40 ГГц Диапазон мощности выходного сигнала (от минус 30 дБмВт до 10 дБмВт)	ПГ с внешней опорной частотой: $\pm 5 \cdot 10^{-10}$ за год $(\pm 1,5 \cdot 10^{-12})$ за год
Вольтметр переменного тока диодный компенсационный В3-49	Диапазон частот 20 Гц – 1,0 ГГц 10 мВ – 100 В	2-й разряд ПГ $\pm (0,2 \dots 2,8) \%$
Ваттметр поглощаемой мощности М3-51	Диапазон частот 0,02 – 17,85 ГГц пределы измерения мощности 1 мкВт – 10 мВт	ПГ $\pm 4\%$
Ваттметр поглощаемой мощности М3-22А с преобразователями: М5-44 М5-45 М3-49	Пределы измерений 1 мкВт – 5 мВт Диапазон частот (16,70 – 25,86) ГГц (25,86 – 37,5) ГГц (37,5 – 53,57) ГГц	Погрешность измерения мощности $\pm (0,8 + 0,2 \cdot P_k / P_x) \%$ в диапазоне частот до 40 ГГц
Осциллограф цифровой DSO 6102А	Осциллограф цифровой DSO 6102А	ПГ $\pm 0,000015 \cdot T_{изм} + 0,002 T_{развертки} + 20$ пс

Примечание.

При проведении поверки могут быть применены другие средства измерений (СИ), обеспечивающие измерение контролируемых параметров с допускаемой погрешностью.

9.3 Требования безопасности

9.3.1 Перед началом работы с прибором необходимо изучить главу 1 настоящего Руководства и ознакомиться с конструкцией прибора.

9.3.2 К работе с прибором допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности при работе с электро и радиоизмерительными приборами.

9.3.3 До включения вилки шнура сетевого в сеть необходимо заземлить контакт защитного заземления. Отсоединение контакта защитного заземления производить после отсоединения прибора от сети.

9.4 Условия поверки и подготовка к ней

9.4.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

температура окружающей среды, °С	20 ± 5;
относительная влажность воздуха, %	30–80;
атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.)	84–106 (630–795);
напряжение сети питания, В	220 ± 4,4;
частота сети питания	по ГОСТ 13109-97.

9.4.2 Подготовить прибор к поверке в соответствии с главой 7, раздел “Подготовка” настоящего Руководства.

9.5 Проведение поверки

Поверка прибора проводится в соответствии с перечнем и последовательностью операций, приведенных в таблице 9.2.1.

9.5.1 Внешний осмотр

При проведении внешнего осмотра должны быть проверены:

- комплектность прибора;
- отсутствие видимых механических повреждений, влияющих на работоспособность прибора;
- наличие и прочность крепления органов управления и коммутации, четкость фиксации их положений;
- чистота гнезд, разъемов и клемм;
- состояние соединительных кабелей, переходов;
- отсутствие дефектов лакокрасочных покрытий и четкость маркировок.

Приборы, имеющие дефекты, к поверке не допускаются и направляются в ремонт.

9.5.2 Опробование

При опробовании проверяется действие органов управления и индикации частотомера. Включить питание прибора. Нажать клавишу User Opt (Опции пользователя), переместить при помощи стрелок выделяющую рамку на режим Test (Тест) и войти в меню, нажав клавишу Enter (Ввод). Далее, выбрав пункт Test Mode (Режим тестирования), установить режим All (Все). После этого запустить процедуру тестирования, активировав пункт Start Test (Начать тестирование). При этом тестируются следующие компоненты: память, измерительные логические схемы, дисплей, интерфейс. При тестировании на дисплее высвечивается надпись “TEST IN PROGRESS” (Идет тестирование). После окончания процесса тестирования высвечивается надпись “TEST DONE” (Тестирование закончено).

но). При неудачном тестировании какого-либо компонента выводится сообщение об ошибке. Если компонент прошел проверку, высвечивается значение “Passed” (Пройден).

Результаты проверки считаются удовлетворительными, если после самотестирования на дисплее прибора отсутствует сообщение об ошибке.

9.5.3 Определение относительной погрешности по частоте и нестабильности кварцевого опорного генератора частотомера

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

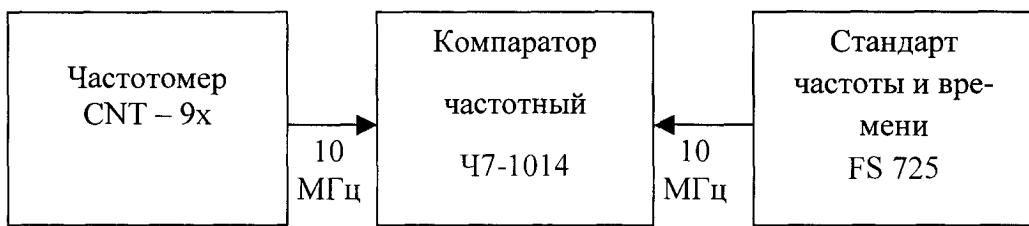


Рисунок 1

Для этого следует соединить измерительную аппаратуру в соответствии со схемой, представленной на рисунке 1.

Сигнал с разъема «10 MHz OUT» поверяемого частотомера подать на разъем ВХОД f_x компаратора частотного Ч7-1014. От стандарта частоты и времени FS 725, подать сигнал на разъем ВХОД f_o 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 относительную погрешность по частоте опорного кварцевого генератора при поступлении в поверку.

Установить относительное отклонение частоты опорного кварцевого генератора в пределах $\pm 1 \cdot 10^{-8}$.

Инструкция по проведению подстройки (калибровки) встроенного опорного генератора

- Калибровку предпочтительно проводить при температуре $+23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.
- Восстановите настройки, принятые по умолчанию, нажав следующие клавиши: **USER OPT** (Факультативные средства пользователя) > **Save/Recall** (Сохранить/Восстановить) > **Recall Setup** (Восстановить настройку) > **Default** (По умолчанию).
- Дайте прогреться поверяемому прибору до его рабочей температуры. Время прогрева перед началом процедуры калибровки должно составлять не менее 2 часов.
- Подсоедините сигнал стандарта частоты и времени FS 725 (для CNT-91R сигнал стандарта частоты и времени водородного Ч11-76А к входу к входу F_o компаратора частотного Ч7-1014. Подсоедините выходной сигнал 10 МГц, расположенного на задней панели испытуемого прибора к входу F_x компаратора частотного Ч7-1014. Измерьте отклонение от опорной частоты и запишите его.
- *Примечание.* Используйте достаточную длительность времени измерения - 10 с.

- Если отклонение превышает установленный предел, выполните следующее указание, в противном случае не приступайте к выполнению остальных указаний.
- Подсоедините сигнал стандарта частоты и времени FS 725 (для CNT-91R сигнал стандарта частоты и времени водородного Ч1-76А) к входу А на поверяемом приборе.
- Вы можете использовать ряд различных частот для подстройки частоты опорного генератора (калибровки) поверяемого прибора: 5 МГц и 10 МГц.
- Нажмите следующие клавиши: **USER OPT** (Опции пользователя) > **Calibrate** (Калибровать) > **Calibrate Timebase** (Калибровать генератор развертки) > **One Shot** (Однократный) > **Start Calibrate** (Начать калибровку).
- Примечание. Если Вы не хотите, чтобы частотомер автоматически определял используемую опорную частоту, то Вы можете выбрать опорную частоту из списка, открываемого при нажатии **Calib Freq** (Эталонная частота) после **Calibrate Timebase** (Калибровать генератор развертки) в вышеуказанной последовательности клавиш.
- Следуйте указаниям, выводимым на дисплей.
- Измерьте отклонение от опорной частоты и запишите его.
- *Примечание.* Снова используйте первую контрольную настройку.
- Заполните протокол калибровки.

Установить время измерения компаратора частотного Ч7-1014 равным 10 с. Задать число измерений n равным 10 и записать результаты измерения среднеквадратического 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 зарегистрировать результат измерения.

Результаты проверки считаются удовлетворительными, если относительная погрешность по частоте опорного кварцевого генератора при поступлении в поверку не превышает значений, указанных в разделе Технические характеристики «Руководства по эксплуатации», СКДО за 10 с находится в пределах $1 \cdot 10^{-10}$.

9.5.4 Определение относительной погрешности по частоте и нестабильности рубидиевого опорного генератора частотомера CNT-91R

Определение погрешности по частоте рубидиевого опорного генератора частотомера проводится по истечении времени включения равного 30 минутам методом сличения при помощи компаратора частотного Ч7-1014 при вариации температуры $\pm 1^{\circ}\text{C}$ за время измерений.

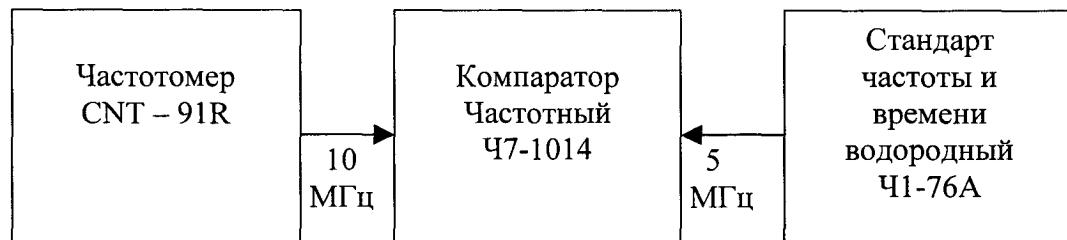


Рисунок 2

Для этого следует соединить измерительную аппаратуру в соответствии со схемой, представленной на рисунке 2.

Сигнал с разъема «10 MHz OUT» поверяемого частотомера подать на разъем ВХОД f_x компаратора частотного Ч7-1014. От стандарта частоты и времени водородного

Ч1-76А, 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 относительную погрешность по частоте опорного рубидиевого генератора при поступлении в поверку.

Установить относительное отклонение частоты опорного рубидиевого генератора в пределах $\pm 1 \cdot 10^{-11}$ в соответствии с указанной в п.9.5.3 инструкцией подстройки (калибровки) встроенного опорного генератора. Установите время усреднения компаратора частотного Ч7-1014 равным 10 с. Задать число измерений n равным 10 и записать результаты измерения среднеквадратического 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 зарегистрировать результат измерения.

Результаты проверки считаются удовлетворительными, если относительная погрешность по частоте при поступлении в поверку не более $\pm 5 \cdot 10^{-10}$, а СКДО за 10 с находится в пределах $1 \cdot 10^{-11}$.

9.5.5 Определение диапазона измеряемых частот, чувствительности и относительной погрешности измерения частоты синусоидального сигнала

Определение диапазона частот, чувствительности и относительной погрешности измерений синусоидального сигнала на частотах 0,001 Гц – 300 МГц по ВХОДАМ А и В.

Определение диапазона частот, чувствительности и относительной погрешности измерений синусоидального сигнала в диапазоне 0,001 Гц – 240 МГц проводится с помощью генератора импульсов 81150А с внешним источником опорной частоты от стандарта частоты и времени FS 725, вольтметра переменного тока диодного компенсационного В3-49. При измерении верхней граничной частоты 300 МГц генератор импульсов 81150А следует заменить на генератор сигналов измерительный Е8257Д.

Выполнить соединение приборов, как показано на рисунке 3 и установить на частотомере режим измерения MEAS FUNC → Freq → Freq → A

(Функции измерения → Частота → Частота → Канал А).

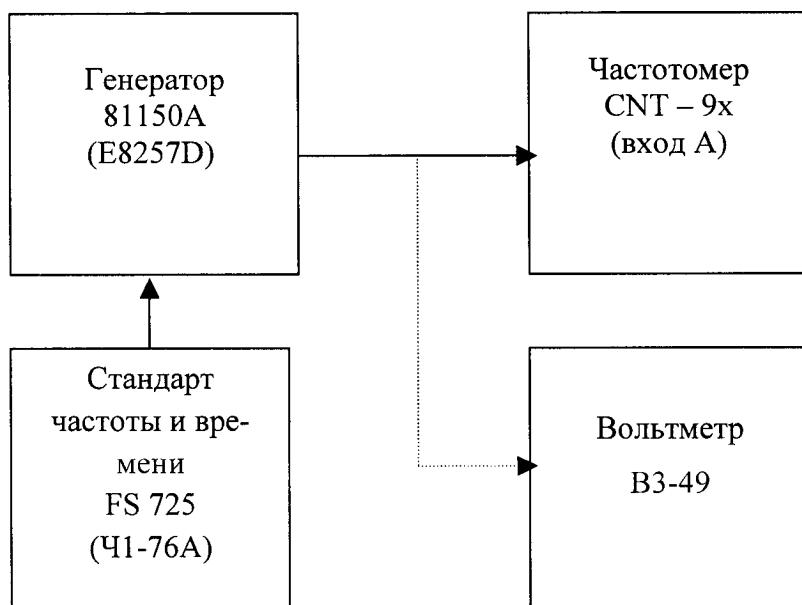


Рисунок 3

Задать параметры входного сигнала и параметры измерения частотомера СНТ-9Х в соответствии с таблицей А1.

Таблица А1

CNT-90XL			
Параметры входного синусоидального сигнала	Измеренная частота	Значение относительной погрешности	Предел допускаемой относительной погрешности
$U_{\text{вх,скв}}$	$F_{\text{вх}}$	Частота	
10 мВ	10 Гц	Параметры: $T_{\text{изм}} = 1$ с; $R_{\text{вх}} = 1$ МОм; Вход DC; Аналоговый фильтр включен Авто-триггер выключен. Уровень срабатывания 15 мВ	$2,5 \cdot 10^{-3}$
		Параметры: $T_{\text{изм}} = 200$ мс; $R_{\text{вх}} = 50$ Ом; Вход DC Аналоговый фильтр выключен Авто-триггер включен	
	100 Гц		$2,5 \cdot 10^{-4}$
	1 кГц		$2,5 \cdot 10^{-5}$
	10 кГц		$2,7 \cdot 10^{-6}$
	100 кГц		$4,5 \cdot 10^{-7}$
	1 МГц		$2,3 \cdot 10^{-7}$
	10 МГц		$2 \cdot 10^{-7}$
	100 МГц		$2 \cdot 10^{-7}$
20 мВ	200 МГц		$2 \cdot 10^{-7}$
40 мВ	300 МГц		$2 \cdot 10^{-7}$

Записать не менее 10 последовательных показаний частотомера для каждого значения частоты входного сигнала и вычислить их среднее арифметическое значение по формуле:

$$\frac{\Delta f_i}{f_i} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{\Delta f_i}{f_i} \quad (1)$$

где n – число измерений;

Δf_i – абсолютная погрешность единичного измерения;

f_i – установленное значение частоты ($F_{\text{вх}}$ А).

Повторить измерения, подавая сигналы 10; 100; 200; 300 МГц на вход В.

Определение диапазона частот, чувствительности и относительной погрешности измерений синусоидального сигнала по ВХОДУ С в диапазоне частот 300 МГц – 40 ГГц (в зависимости от установленных опций).

Определение диапазона частот, чувствительности и относительной погрешности результатов измерений производится с помощью генератора сигналов измерительного Е8257Д, вариант 540 с внешним источником опорной частоты, которым является стандарт частоты и времени FS 725 и ваттметров поглощаемой мощности, применяемых для определения уровня входного сигнала: М3-51 на частотах сигнала до 0,3 – 17 ГГц, М3-22А на частотах 17 – 40 ГГц.

Выполнить соединение приборов, как показано на рисунке 4 и установить на частотомере режим MEAS FUNC → Freq → Freq → C
(Функции измерения → Частота → Частота → Канал С).

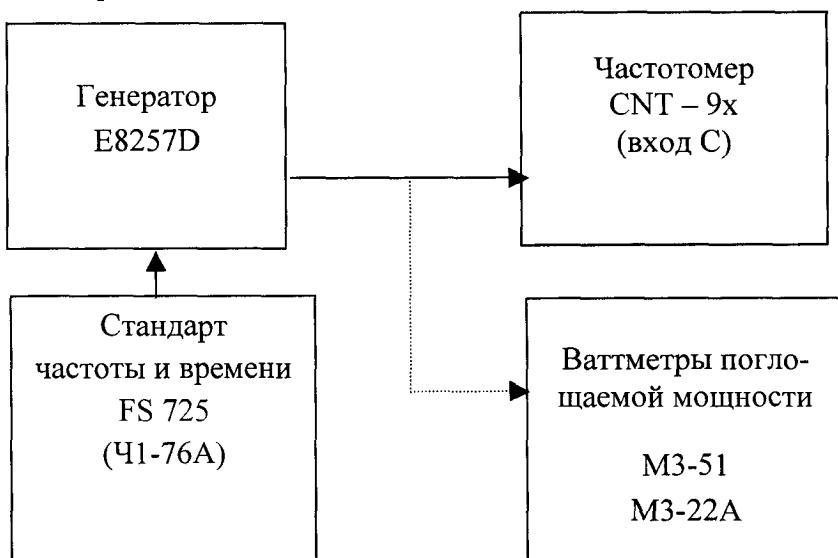


Рисунок 4

Задать параметры входного сигнала и параметры измерения частотомера CNT-9x в соответствии с начальными и конечными значениями каждого поддиапазона установленной аналогично указанных в таблице А2.

Таблица А2

CNT-9X опция 40G				
		Измеренная частота	Значение относительной погрешности	Предел допускаемой относительной погрешности
$P_{вх\ С}$	$F_{вх\ С}$	Частота		
Параметры: $T_{сч} = 200$ мс; $R_{вх} = 50$ Ом				
-33 дБмВт	300 МГц			$2 \cdot 10^{-7}$
	18,0 ГГц			$2 \cdot 10^{-7}$
-29 дБмВт	18,0 ГГц			$2 \cdot 10^{-7}$
-27 дБмВт	20,0 ГГц			$2 \cdot 10^{-7}$
	27,0 ГГц			$2 \cdot 10^{-7}$
-23 дБмВт	27,0 ГГц			$2 \cdot 10^{-7}$
	40,0 ГГц			$2 \cdot 10^{-7}$

Записать не менее 10 последовательных показаний частотомера для каждого значения частоты входного сигнала и вычислить их среднее арифметическое значение по формуле:

$$\bar{f}_i = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n f_i \quad (2)$$

где n – число измерений;

Δf_i – абсолютная погрешность единичного измерения;

f_i – установленное значение частоты ($F_{\text{вх С}}$).

Результаты проверки считаются удовлетворительными, если чувствительность не превышает значений, указанных в главе «Технические характеристики» «Руководства по эксплуатации», относительная погрешность измерения частоты не превышает значений, рассчитанных по формулам указанных в главе «Технические характеристики» «Руководства по эксплуатации».

9.5.6 Определение диапазона измеряемых периодов, чувствительности и относительной погрешности измерения периодов синусоидального сигнала

Определение диапазона измеряемых периодов, чувствительности и относительной погрешности измерения периодов синусоидального сигнала 3,3 нс – 1000 с по ВХОДАМ А и В.

Определение диапазона измеряемых периодов, чувствительности и относительной погрешности измерения периодов проводится с помощью генератора импульсов 81150A с внешним источником опорной частоты, которым является стандарт частоты и времени, вольтметра переменного тока диодного компенсационного В3-49, используемого для контроля уровня сигнала. При измерении периода 3,3 нс генератор импульсов 81150A необходимо заменить генератором сигналов измерительным Е8257D.

Выполнить соединение приборов, как показано на рис.5 и установить на частотомере режим MEAS FUNC→Period→ Average→A (Функции измерения→Период→Усреднённый период→Канал А).

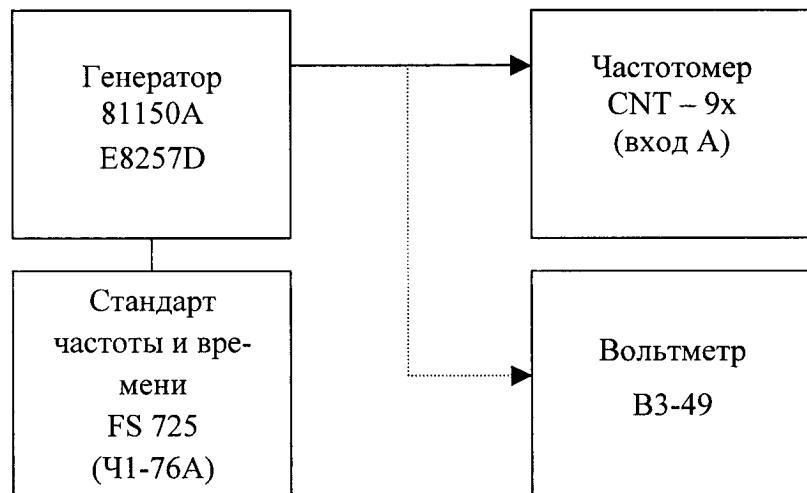


Рисунок 5

Задать параметры входного сигнала и параметры измерения частотомера CNT-9X в соответствии с диапазоном периодов согласно установленной опции аналогично таблицы А3.

Таблица А3

CNT-90XL			
Параметры входного синусоидального сигнала		Измеренная величина периода синусоидального сигнала	Значение относительной погрешности
U _{вх,скв}	T _{вх}	Период	
10 мВ	10 мс	Режим: T _{изм} = 1 с; R _{вх} = 1 МОм; Вход DC; Аналоговый фильтр включён Авто-триггер выключен. Уровень срабатывания 15 мВ	
			2,5·10 ⁻⁴
	100 мкс	Режим: T _{изм} = 200 мс; R _{вх} =50 Ом; Вход DC Аналоговый фильтр выключен Авто-триггер включен.	
			2,5·10 ⁻⁵
			2,7·10 ⁻⁶
			4,5·10 ⁻⁷
			2,3·10 ⁻⁷
			2·10 ⁻⁷
	10 нс		2·10 ⁻⁷
20 мВ	5 нс		2·10 ⁻⁷
40 мВ	3,3 нс		2·10 ⁻⁷

Записать не менее 10 последовательных показаний частотомера для каждого значения периода входного сигнала и вычислить их среднее арифметическое значение по формуле:

$$\overline{\Delta T_i} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{\Delta T_i}{T_i} \quad (3)$$

где n – число измерений;

ΔT_i –абсолютная погрешность единичного измерения;

T_i – установленное значение периода (T_{вх}).

Провести аналогичные измерения для входа В, установив на генераторе 81150А период, равный 100; 5; 3,3 нс.

Определение диапазона измеряемых периодов, чувствительности и относительной погрешности измерения периодов синусоидального сигнала 25 пс – 5 нс по ВХОДУ С. Определение диапазона измеряемых периодов, чувствительности и относительной погрешности измерения периодов проводится с помощью генератора сигналов измерительного Е8257Д вариант 540 с внешним опорным источником, которым является стандарт частоты и времени и ваттметров поглощаемой мощности, применяемых для контроля уровня входного сигнала: М3-51 на частотах сигнала до 0,3 – 17 ГГц, М3-22А на частотах 17 – 40 ГГц.

Выполнить соединение приборов, как показано на рисунке 6, и установить на частотомере режим MEAS FUNC → Period → Average → C
(Функции → Период → Усреднённый период → Канал C).

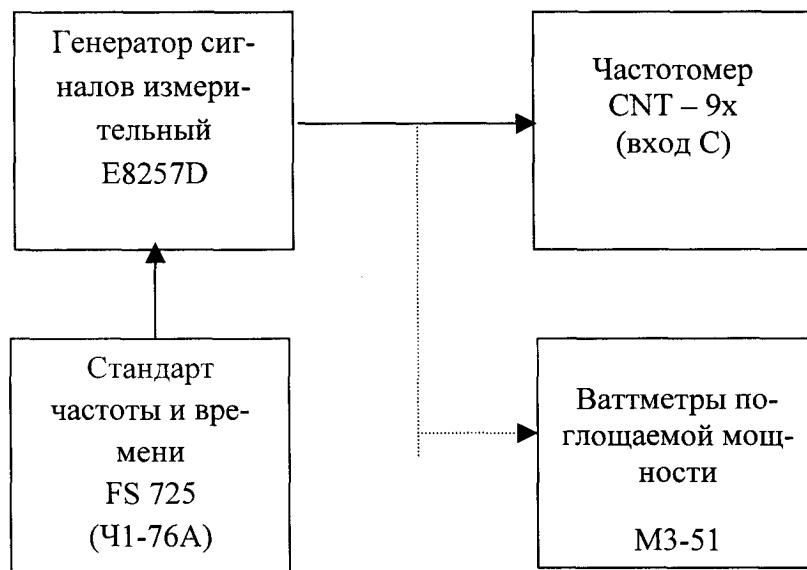


Рисунок 6

Задать параметры входного сигнала и параметры измерения частотомера CNT-9X в соответствии с установленной опцией аналогично таблицы А4.

Таблица А4

CNT-9X опция 40G				
		Измеренная частота	Значение относительной погрешности	Предел допускаемой относительной погрешности
$P_{\text{вх С}}$		Период		
Параметры: $T_{\text{изм}} = 200 \text{ мс}; R_{\text{вх}} = 50 \text{ Ом}$				
-33 дБмВт	3,333 нс			$2 \cdot 10^{-7}$
	66,66 пс			$2 \cdot 10^{-7}$
-29 дБмВт	58,82 пс			$2 \cdot 10^{-7}$
	52,63 пс			$2 \cdot 10^{-7}$
-27 дБмВт	45,45 пс			$2 \cdot 10^{-7}$
	38,46 пс			$2 \cdot 10^{-7}$
	30,30 пс			$2 \cdot 10^{-7}$
-23 дБмВт	25,00 пс			$2 \cdot 10^{-7}$

Записать не менее 10 последовательных показаний частотомера для каждого значения периода входного сигнала и вычислить их среднее арифметическое значение по формуле:

$$\overline{\Delta T_i} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{\Delta T_i}{T_i} \quad (4)$$

где n – число измерений;

ΔT_i –абсолютная погрешность единичного измерения;

T_i – ожидаемое значение периода ($T_{\text{вх}}$);

Результаты проверки считаются удовлетворительными, если чувствительность не превышает значений, представленных в главе «Технические характеристики» «Руководства по эксплуатации», относительная погрешность измерения периода не превышает значений, рассчитанных по формулам представленных в главе «Технические характеристики» «Руководства по эксплуатации».

9.5.7 Определение диапазона и абсолютной погрешности измерения интервалов времени

Измерение проводится при помощи генератора импульсов 81150А с внешней опорной частотой от стандарта частоты и времени FS 725 (для CNT-91R с внешней опорной частотой от стандарта частоты и времени водородного Ч1-76А) и осциллографа цифрового DSO 6102А, используемого для контроля импульсного сигнала.

Для этого необходимо выполнить соединение приборов, как показано на рисунке 7 и установить на частотомере режим измерения MEAS FUNC→Time→ Time Interval→A to B (Функции измерения→Время→Временные интервалы→Канал А относительно канала В). В параметрах каналов А и В установить измерение по переднему фронту импульса. На генераторе установить амплитуду импульса равную 1 В и длительность 5 нс.

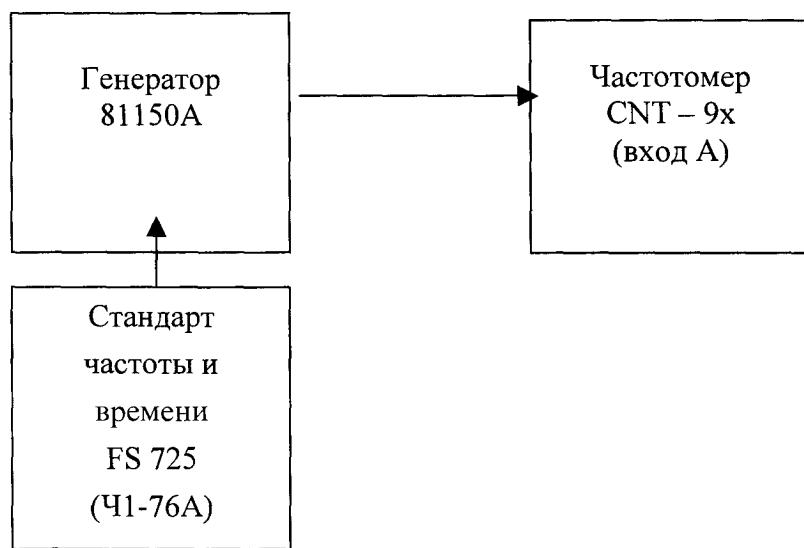


Рисунок 7

Подать с выхода генератора импульсов 81150А опорные импульсы на вход А частотомера, а задержанные импульсы на вход В. Установить интервалы времени в соответствии с таблицей А5.

Произвести измерение заданных интервалов времени.

Таблица А5

Установленное значение временного интервала	Измеряемые параметры		Предел допускаемой абсолютной погрешности
	Измеренные временные интервалы	Значение абсолютной погрешности	
5 нс			0,6 нс
100 мкс			0,62 нс
1 с			200 нс

Записать не менее 10 последовательных показаний частотомера для каждого значения временного интервала и вычислить их среднее арифметическое значение по формуле:

$$\overline{\Delta t_i} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \Delta t_i \quad (5)$$

где n – число измерений;

Δt_i –абсолютная погрешность единичного измерения.

Результаты проверки считаются удовлетворительными, если погрешность измерения интервалов времени не превышает значений, рассчитанных по формулам представленных в главе «Технические характеристики» «Руководства по эксплуатации».

9.5.8 Определение разрешающей способности измерения частотомером сигналов 1 Гц

Разрешающая способность частотомера определяется с помощью генератора импульсов 81150А с источником опорной частоты, стандарт частоты и времени FS 725.

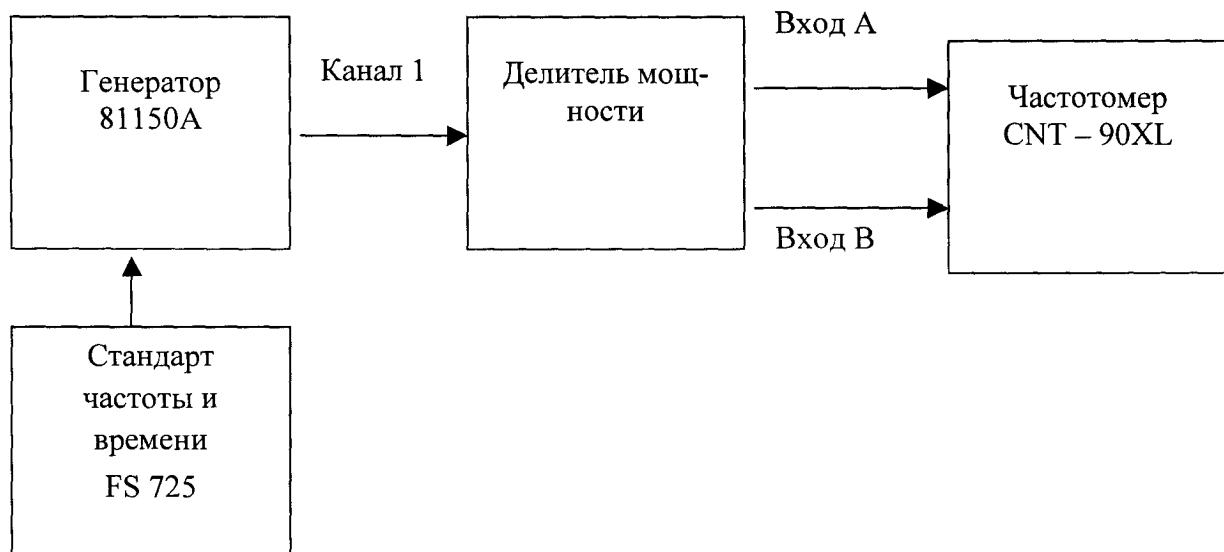


Рисунок 8

Выполнить соединение приборов, подключив генератор в соответствии с рисунком 10 через делитель мощности из комплекта компаратора частотного Ч7-39, и установить на

частотомере режим измерения MEAS FUNC → Time → Time Interval → A to B (Функции измерения → Время → Временные интервалы → Канал А относительно канала В) → В параметрах каналов А и В установить измерение по переднему фронту импульса. На генераторе установить амплитуда: 1 В(Vpp). Для входов А и В установить:

- полное сопротивление: 50 Ом;
- ручной уровень запуска (Man);
- уровень запуска (Trig) равный 0,5В;
- Связь по постоянному току (DC);
- число измерений – 10

Зарегистрировать 10 показаний строки «Std» (СКО) на дисплее прибора и занести их в таблицу А6.

Таблица А6

№ Измерения	СКО, пс	Предел допускаемой разрешающей способности, пс
1		100
2		100
3		100
4		100
5		100
6		100
7		100
8		100
9		100
10		100

Результаты проверки считаются удовлетворительными, если значение разрешающей способности не превышает значений указанных в главе «Технические характеристики» «Руководства по эксплуатации».

9.5.9 Определение абсолютной погрешности измерения длительности импульсов

Определение погрешности измерения длительности импульсов в каналах А и В проводится с использованием генератора импульсов 81150А с внешней опорной частотой от стандарта частоты и времени FS 725.

Выполнить соединение приборов, как показано на рисунке 9.

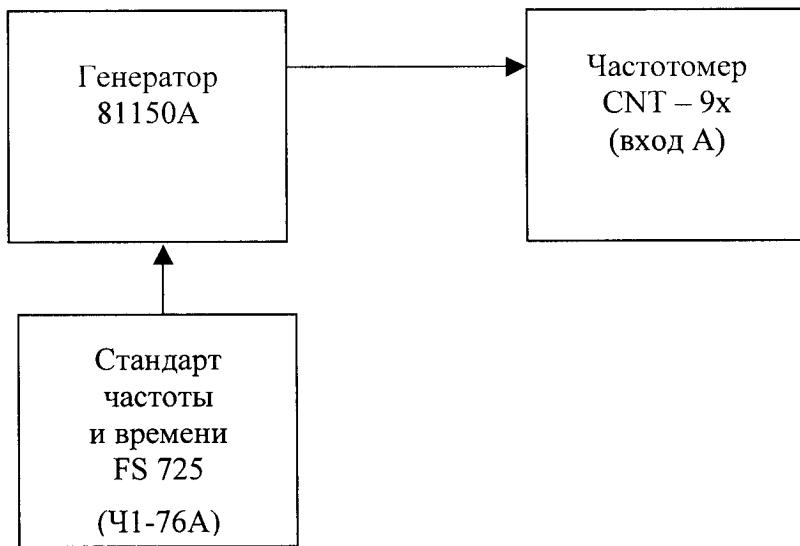


Рисунок 9

Установить на частотомере режим измерения MEAS FUNC → Pulse → Positive → A (Функции измерения → Длительность импульса → Импульс положительной полярности → Канал А).

Задать параметры входного сигнала в соответствии с таблицей А7.

Таблица А7

Длительности импульсов	Измеряемые параметры		Предел допускаемой абсолютной погрешности
	Измеренные длительности импульсов	Значение абсолютной погрешности	
100 мкс			0,62 нс
1 мкс			0,6 нс
100 нс			0,6 нс
5 нс			0,6 нс

Записать не менее 10 последовательных показаний частотомера для каждого значения длительности импульсов и вычислить их среднее арифметическое значение по формуле:

$$\overline{\Delta t_i} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \Delta t_i \quad (6)$$

где t_i – значение длительности в единичном измерении;
 n – число проведенных единичных измерений.

Провести аналогичные измерения для канала В.

Результаты проверки считаются удовлетворительными, если абсолютная погрешность измерения длительности импульсов не превышает значений, рассчитанных по формулам представленных в главе «Технические характеристики» «Руководства по эксплуатации».

9.5.10 Определение абсолютной погрешности измерения времени нарастания и спада импульса

Определение погрешности измерения длительности импульсов в каналах А и В проводится с использованием генератора импульсов 81150А с внешней опорной частотой от стандарта частоты и времени FS 725 и осциллографа DSO 6102А для контроля импульсного сигнала.

Соединение приборов выполнить, как показано на рисунке 10.

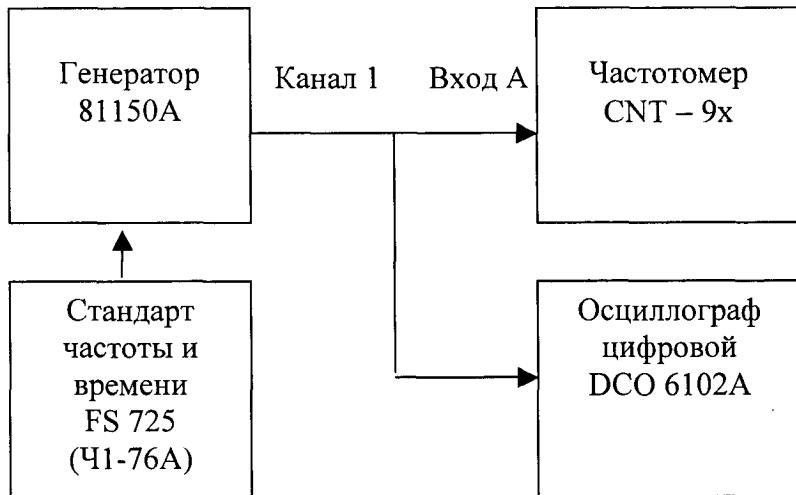


Рисунок 10

На частотомере установить режим работы MEAS FUNC → Time → Rise Time → A (Функции измерения → Время → Длительность переднего фронта → Канал А).
Задать параметры входного сигнала в соответствии с таблицей А8.

Таблица А8

Длительности переднего фронта импульсов	Измеряемые параметры		Предел допускаемой абсолютной погрешности
	Измеренные длительности переднего фронта импульсов	Значение абсолютной погрешности	
5 нс			0,6 нс

Записать не менее 10 последовательных показаний частотомера для каждого значения длительности фронта импульсов и вычислить их среднее арифметическое значение по формуле:

$$\tau_{\phi} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \Delta \tau_{i\phi} \quad (7)$$

где $\tau_{i\phi}$ – значение длительности фронта при единичном измерении;
 n – число проведенных единичных измерений.

Провести аналогичные измерения для канала В.

Результаты проверки считаются удовлетворительными, если погрешность измерения длительности переднего фронта импульсного сигнала не превышает значений, рассчитанных по формулам представленных в главе «Технические характеристики» «Руководства по эксплуатации».

9.5.11 Определение относительной погрешности измерения коэффициента заполнения импульсов каналах А и В

Измерения проводятся с использованием генератора импульсов 81150А с внешней опорной частотой от стандарта частоты и времени и осциллографа DSO 6102А для контроля пакетного сигнала.

Подключить приборы по схеме приведённой на рисунке 9 и установить на частотомере режим измерения MEAS FUNC → Duty → Positive → A

(Функции измерения → Коэффициент заполнения → Модулирующий импульс положительной полярности → Канал А).

Измерить коэффициент заполнения при параметрах входного сигнала, заданных в таблице А9.

Таблица А9

Параметры входных сигналов	Измеряемые параметры		Предел допускаемой абсолютной погрешности,
коэффициент заполнения импульсов $Q = 0,5$	Измеренные коэффициенты заполнения импульсов	Значение абсолютной погрешности,	
$F_{bx} = 1 \text{ кГц}$			$6 \cdot 10^{-7}$
$F_{bx} = 1 \text{ МГц}$			$2 \cdot 10^{-4}$
$F_{bx} = 300 \text{ МГц}$			0,18

Записать не менее 10 последовательных показаний частотомера для каждого значения частоты входного сигнала и вычислить их среднее арифметическое значение по формуле:

$$\bar{\Delta k}_i = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \Delta k_i \quad (8)$$

где Δk_i – значение абсолютной погрешности измерения коэффициента заполнения при единичном измерении;

n – число проведенных единичных измерений.

Повторить измерения для канала В при $F_{bx} = 1 \text{ МГц}$.

Результаты проверки считаются удовлетворительными, если погрешность измерения коэффициента заполнения сигнала не превышает значений, рассчитанных по формулам представленных в главе «Технические характеристики» «Руководства по эксплуатации».

9.5.12 Определение абсолютной погрешности измерения фазового сдвига между входами А и В

Для испытания применяется генератор импульсов 81150A с внешней опорной частотой от стандарта частоты и времени.

Выполнить соединение приборов, как показано на рисунке 11 и установить на частотомере режим работы MEAS FUNC → Phase → A rel B..

(Функции измерения → Фаза → Канал А относительно Канала В).

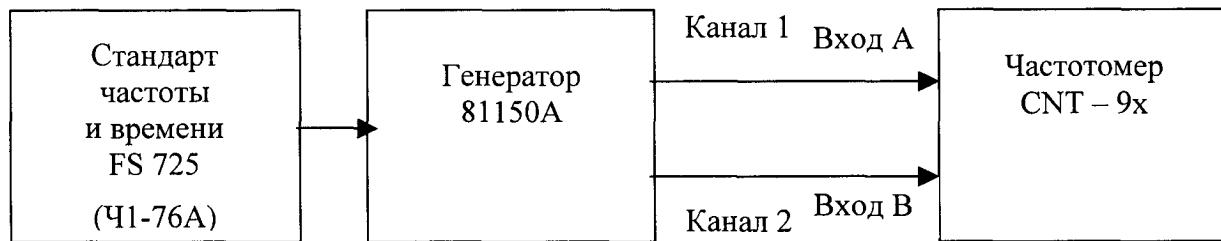


Рисунок 11

Измерения проводить при амплитуде сигнала на входе 1 В.

Устанавливать параметры измерительных сигналов в соответствии с таблицей А10

Таблица А10

Параметры тестовых сигналов		Измеренная разность фаз, градусы	Абсолютная погрешность измерения разности фаз, градусы	Предел допускаемой абсолютной погрешности измерения разности фаз, градусы
Частота	Разность фаз между каналами А и В, градусы			
1 кГц	0			$0,216 \cdot 10^{-3}$
	90			$0,216 \cdot 10^{-3}$
	180			$0,216 \cdot 10^{-3}$
	270			$0,216 \cdot 10^{-3}$
10 кГц	0			$0,216 \cdot 10^{-3}$
	90			$0,216 \cdot 10^{-3}$
	180			$0,216 \cdot 10^{-3}$
	270			$0,216 \cdot 10^{-3}$
100 кГц	0			$2,16 \cdot 10^{-2}$
	90			$2,16 \cdot 10^{-2}$
	180			$2,16 \cdot 10^{-2}$
	270			$2,16 \cdot 10^{-2}$
1 МГц	0			1,08
	90			1,08
	180			1,08
	270			1,08

Записать не менее 10 последовательных показаний частотомера для каждого значения разности фаз и найти их среднее арифметическое значение по формуле:

$$\overline{\Delta\varphi_i} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \Delta\varphi_i \quad (9)$$

где $\Delta\varphi_i$ – значение абсолютной погрешности измерения коэффициента заполнения при единичном измерении;

n – число проведенных единичных измерений.

Результаты проверки считаются удовлетворительными, если погрешность измерения фазового сдвига не превышает значений, рассчитанных по формулам представленным в главе «Технические характеристики» «Руководства по эксплуатации».

9.5.13 Определение относительной погрешности измерения отношения частот

Определение относительной погрешности измерения отношения частот в каналах А и В.

Измерение проводится с применением генератора импульсов 81150А с внешней опорной частотой от стандарта частоты и времени FS 725.

Соединить приборы как показано на рисунке 12.

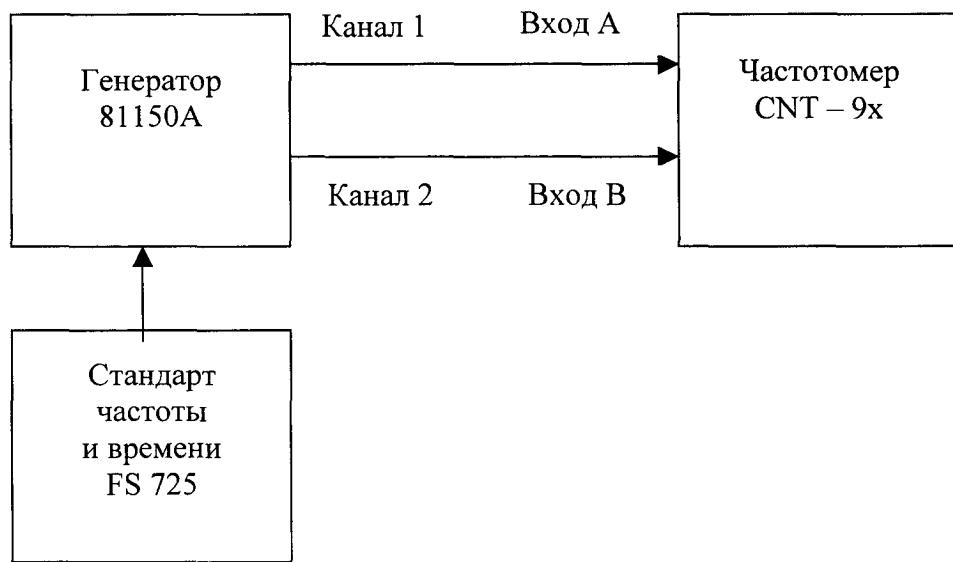


Рисунок 12

Измерения проводить при амплитуде сигнала на входе 1 В

Подать сигнал 10 МГц к входу А и 100 МГц к входу В (горящие светодиоды входа каналов А и В сигнализируют о наличии на входе сигнала). Выбрать режим: MEAS FUNC→Freq→Freq Ratio→A/B.

Таблица А11

Измеряемые параметры		Предел допускаемой погрешности
Измеренные значения отношений частот	Значение погрешности	
		$1,2 \cdot 10^{-7}$

Определение относительной погрешности измерения в режиме измерения отношения частот в каналах А и В и по каналу С

Соединить приборы как показано на рисунке 13.

Измерение проводится с применением генератора импульсов 81150А и генератора сигналов измерительного Е8257Д.

Генераторы имеют внешний источник опорной частоты – стандарт частоты и времени FS 725.

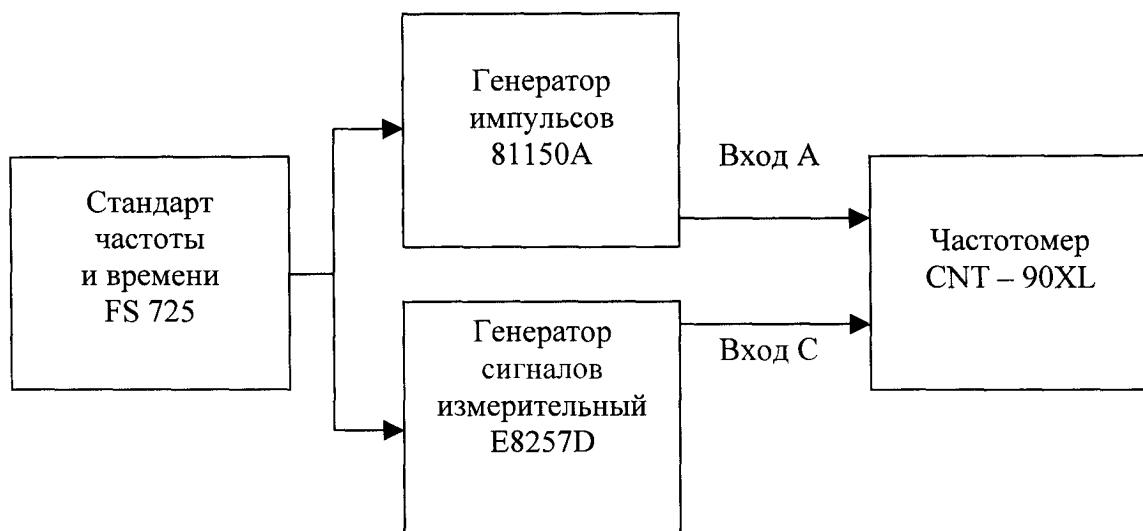


Рисунок 13

Выбрать режим: MEAS FUNC → Freq → Freq Ratio → A/C. Подать сигнал 100 МГц с генератора импульсов 81150А к входу А (горящий светодиод входа канала А сигнализирует о наличии на входе сигнала). На вход С сигналы подавать сигналы соответствующие установленным опциям из ряда в соответствии с таблицей А12

Таблица А12

Частота входного сигнала в канале С, ГГц	Измеряемые параметры		Предел допускаемой погрешности
	Измеренные значения отношений частот	Значение погрешности	
3			$9,6 \cdot 10^{-9}$
8			$0,41 \cdot 10^{-6}$
14			$0,52 \cdot 10^{-6}$
20			$0,52 \cdot 10^{-6}$

Записать не менее 10 последовательных показаний частотомера для каждого значения частоты входного сигнала и вычислить их среднее арифметическое значение по формуле:

$$\Delta\left(\frac{\overline{f_{iA}}}{f_{iC}}\right) = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \Delta\left(\frac{f_{iA}}{f_{iC}}\right) \quad (10)$$

где n – число измерений;

$$\Delta \left(\frac{f_{iA}}{f_{iC}} \right) - \text{погрешность единичного измерения};$$

Результаты проверки считаются удовлетворительными, если относительная погрешность измерения отношения частот не превышает значений рассчитанных по формуле представленных в главе «Технические характеристики» «Руководства по эксплуатации».

9.5.14 Определение абсолютной погрешности измерения мощности в канале С.

Определение абсолютной погрешности измерения мощности в канале С проводится с помощью генератора сигналов измерительного E8257D и ваттметрами поглощаемой мощности для контроля уровня мощности в канале: М3-51 для диапазона частот 0,3 – 17 ГГц, М3-22 с преобразователями для диапазона частот 17 – 40 ГГц. Генератор синхронизируется от стандарта частоты и времени FS 725.

Выполнить соединение приборов по схеме представленной на рисунке 16. Выставить на частотомере режим работы MEAS FUNC → Freq → Freq → С (Функции измерения → Частота → Частота → Канал С).

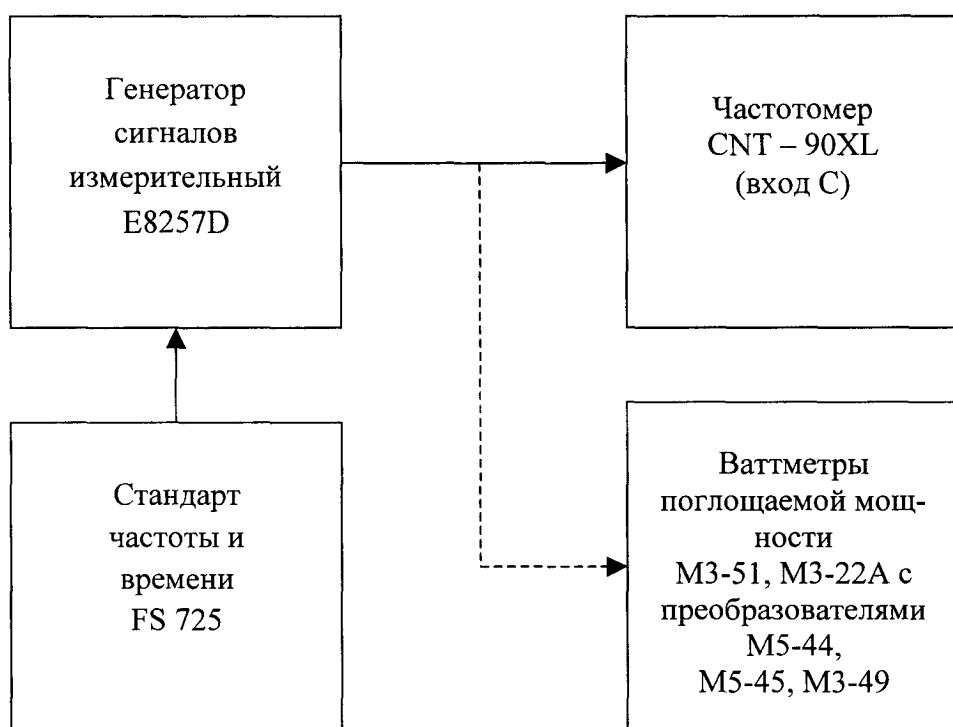


Рисунок 16

Изменяя частоту и мощность подаваемого сигнала провести регистрацию не менее 10 значений мощности для каждого значения входных параметров в соответствии с таблицей А13

Таблица А13

Установленная мощность	Частота на входе С	Измеренная мощность, дБмВт	Значение абсолютной погрешности измерения частоты, дБмВт	Предел допускаемой абсолютной погрешности измерения мощности, дБмВт
$P_{\text{вх С}}$	$F_{\text{вх С}}$	Мощность		
		Параметры: $T_{\text{изм}} = 200 \text{ мс}$; $R_{\text{вх}} = 50 \text{ Ом}$		
-33 дБмВт	300 МГц			$\pm 1 \text{ дБмВт}$
	15,0 ГГц			$\pm 1 \text{ дБмВт}$
-29 дБмВт	17,0 ГГц			$\pm 1 \text{ дБмВт}$
-27 дБмВт	19,0 ГГц			$\pm 1 \text{ дБмВт}$
	22,0 ГГц			$\pm 1 \text{ дБмВт}$
	26,0 ГГц			$\pm 1 \text{ дБмВт}$
-23 дБмВт	33,0 ГГц			$\pm 2 \text{ дБмВт}$
	40,0 ГГц			$\pm 2 \text{ дБмВт}$

Рассчитать среднее значение для каждого измерения по формуле:

$$\overline{\Delta P} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \Delta P_i \quad (13)$$

где

n – число измерений;

ΔP_i – абсолютная погрешность единичного измерения мощности;

$\overline{\Delta P}$ - среднее значение погрешности измерения

Результат проверки считается удовлетворительным, если абсолютная погрешность измерения мощности в канале С не превышает значений, приведенных в главе «Технические характеристики» «Руководства по эксплуатации».

9.5.15 Определение относительной погрешности измерения частоты при работе от внешнего источника опорной частоты

Соединить приборы как показано на рисунке 14.

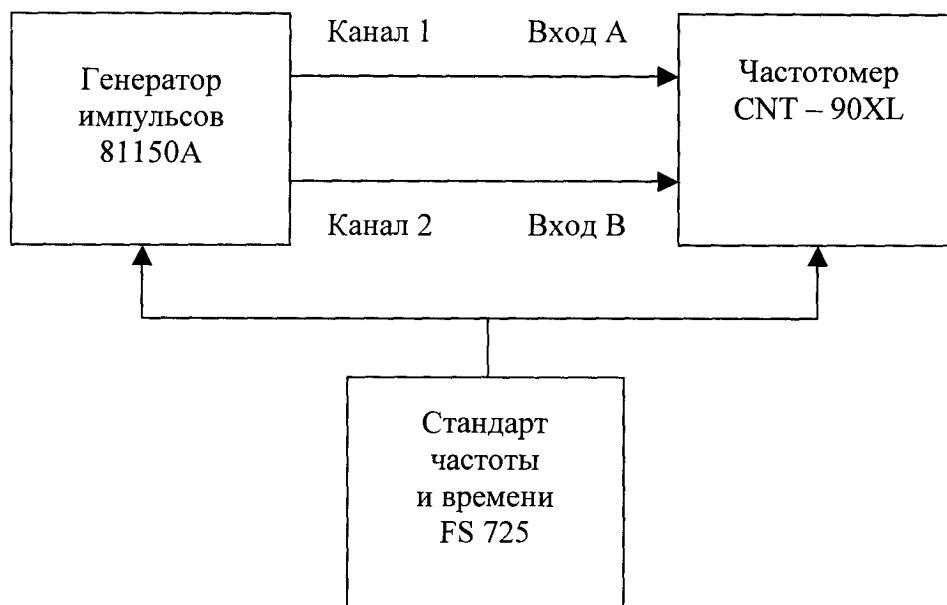


Рисунок 14

К разъему «Ext Ref» на задней панели частотомера подключить от стандарта частоты и времени FS-725 опорную частоту 5 МГц, а затем 10 МГц с уровнем сигнала в диапазоне от 0,1 до 5 В. Уровень сигнала контролировать вольтметром переменного тока диодным компенсационным В3-49. Переключение на внешний ОГ должно происходить автоматически при детектировании на входе сигнала частотой 5 МГц или 10 МГц. При переключении на работу от внешнего ОГ, на ЖК дисплее зажигается индикатор «EXT.REF»

Подать на ВХОД А частотомера сигнал частотой 10 МГц и определить относительную погрешности измерения частоты

Результаты проверки считаются удовлетворительными, если частотомер автоматически переключается на работу от внешнего источника опорного сигнала и относительная погрешность измерения частоты не превышает значения, указанного в главе «Технические характеристики» «Руководства по эксплуатации».

9.6 Оформление результатов поверки

9.6.1 Положительные результаты поверки оформляют в порядке, установленном в метрологической службе, выполняющей поверку в соответствии с ПР 50.2.006-94.

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