

СОГЛАСОВАНО

Главный метролог
АО «ПриСТ»



А. Н. Новиков

«16» октября 2024 г.

«ГСИ. Частотомеры электронно-счетные АКИП-5109.
Методика поверки»

МП-ПР-33-2024

Москва
2024

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Настоящая методика распространяется на частотомеры электронно-счетные АКПП-5109 (далее по тексту – частотомеры) и устанавливает методы и средства их поверки.

При проведении поверки должна быть обеспечена прослеживаемость поверяемых частотомеров к государственному первичному эталону единиц времени, частоты и национальной шкалы времени – ГЭТ 1-2022 в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений времени и частоты, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26 сентября 2022 г. № 2360.

В результате поверки должны быть подтверждены следующие метрологические требования, приведенные в Приложении А.

2. ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
1 Внешний осмотр	Да	Да	Раздел 6
2 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Да	Да	Раздел 7
3 Проверка идентификационных данных программного обеспечения	Да	Да	Раздел 8
4 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерения метрологическим требованиям			Раздел 9
5 Определение относительного дрейфа частоты и нестабильности кварцевого опорного генератора частотомера	Да	Да	9.1
6 Определение диапазона измеряемых частот, чувствительности и относительной погрешности измерения частоты сигнала	Да	Да	9.2
7 Определение абсолютной погрешности измерения периода сигнала	Да	Да	9.3
8 Определение абсолютной погрешности измерений временных интервалов и длительности импульсов	Да	Да	9.4
9 Определение абсолютной погрешности измерения фазового сдвига	Да	Да	9.5
10 Определение абсолютной погрешности измерений коэффициента заполнения импульсов	Да	Да	9.6
11 Подстройка (калибровка) встроенного опорного генератора	Да	Да	9.7

3. ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха от +20 °С до +25 °С;
- относительная влажность не более 80 %;
- атмосферное давление от 84 до 106 кПа;
- напряжение питающей сети от 198 до 242 В;
- частота питающей сети от 47 до 63 Гц.

4. МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

Таблица 2 – Средства поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
1	2	3
9.1 – 9.7	Эталоны единицы измерений времени и частоты, соответствующие требованиям к эталонам 2 разряда по государственной поверочной схеме для средств измерений времени и частоты, утвержденной приказом Росстандарта № 2360 от 26.09.2022, на частотах 5 и 10 МГц, пределы относительной погрешности по частоте $\pm 5 \cdot 10^{-13}$.	Стандарт частоты и времени водородный Ч1-1007 (применять при поверке частотомеров с рубидиевым опорным генератором) (рег. № 40466-09).
9.1 – 9.7	Эталоны единицы измерений времени и частоты, соответствующие требованиям к эталонам 3 разряда по государственной поверочной схеме для средств измерений времени и частоты, утвержденной приказом Росстандарта № 2360 от 26.09.2022, на частотах 5 и 10 МГц, пределы относительной погрешности по частоте $\pm 7 \cdot 10^{-10}$.	Стандарт частоты рубидиевый GPS-12RG (рег. № 70172-18).
9.1, 9.7	Частоты входных измеряемых сигналов 5; 10 МГц; пределы допускаемой погрешности измерения $\pm 1 \cdot 10^{-12}$ при времени измерения 1 с и $\pm 5 \cdot 10^{-13}$ при времени измерения 10 с.	Компаратор частотный Ч7-1014 (рег. № 40727-09).
9.2 – 9.6	Эталоны единицы измерений времени и частоты, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 5 разряда по государственной поверочной схеме для средств измерений времени и частоты, утвержденной приказом Росстандарта № 2360 от 26.09.2022, на частотах от $1 \cdot 10^{-6}$ до $3,125 \cdot 10^8$ Гц.	Генератор сигналов сложной/произвольной формы АКПП-3428/3 (рег. № 90489-23).
	Средства измерения длительности фронта и среза, не более 0,75 нс при уровне сигнала, до 3 Впп; диапазон установки скважности от 0,0001 до 99,9999 %; диапазон установки скважности от 0,001 до 99,999 %; диапазон установки длительности импульса от $1 \cdot 10^{-9}$, с; диапазон установки длительности фронта и среза от $0,5 \cdot 10^{-9}$.	Генератор сигналов сложной/произвольной формы АКПП-3428/3 (рег. № 90489-23).

Продолжение таблицы 2

1	2	3
9.2, 9.3	Эталоны единицы измерений времени и частоты, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 4 разряда по государственной поверочной схеме для средств измерений времени и частоты, утвержденной приказом Росстандарта № 2360 от 26.09.2022, в диапазоне частот от 250 кГц до 40 ГГц.	Генератор сигналов E8257D с опцией 540 (рег. № 74333-19).
9.2	Средства измерений мощности электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 10 МГц до 26,5 ГГц, диапазон измерений мощности от -35 до +20 дБм, относительная погрешность измерения мощности не более $\pm 3,75\%$.	Преобразователь измерительный термоэлектрический ваттметров поглощаемой мощности N8485A с блоком измерительным N1914A (рег. № 58375-14)
<p>Примечания:</p> <p>1. Допускается использовать другие средства измерений утвержденного типа, поверенные и обеспечивающие соотношение погрешностей измерений не более 1/3 допускаемой погрешности определяемой метрологической характеристики СИ.</p> <p>2. Абсолютные погрешности измерения, приведенные в таблицах 6 – 23, где предусмотрено использование генератора АКПП-3428, рассчитаны исходя из применения этого типа генератора. При использовании других генераторов погрешности следует рассчитать под конкретный тип генератора с учетом длительности фронта и среза при формировании прямоугольного и импульсного сигнала.</p>		

Таблица 3 – Вспомогательные средства поверки

Измеряемая величина	Метрологические и технические требования к вспомогательным средствам поверки	Перечень рекомендуемых вспомогательных средств поверки
Температура	Средства измерений температуры окружающей среды от +10 до +30 °С с абсолютной погрешностью не более ± 1 °С;	Термогигрометр Fluke 1620A (рег. № 36331-07).
Влажность воздуха	Средства измерений относительной влажности окружающего воздуха от 30 до 80 % с абсолютной погрешностью не более ± 3 %.	
Атмосферное давление	Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 86 до 106,7 кПа с абсолютной погрешностью не более ± 5 гПа.	Манометр абсолютного давления Testo 511 (рег. № 53431-13)
	Средства измерений с максимальной входной мощностью 0,5 Вт и диапазоном частот от 0 до 26.5 ГГц.	Делитель мощности Keysight 11667B
<p>Примечание: допускается использовать другие средства измерений утвержденного типа, поверенные и имеющие метрологические характеристики, аналогичные указанным в данной таблице.</p>		

5. ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

5.1 При проведении поверки должны быть соблюдены требования ГОСТ 12.27.0-75, ГОСТ 12.3.019-80, ГОСТ 12.27.7-75, требованиями правил по охране труда при эксплуатации электроустановок, утвержденных приказом Минтруда России от 15 декабря 2020 года № 903н.

5.2 Средства поверки, вспомогательные средства поверки и оборудование должны соответствовать требованиям безопасности, изложенным в руководствах по эксплуатации.

5.3 Поверитель должен пройти инструктаж по технике безопасности и иметь действующее удостоверение на право работы в электроустановках с напряжением до 1000 В с квалификационной группой по электробезопасности не ниже III.

6. ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

6.1 Перед поверкой должен быть проведен внешний осмотр, при котором должно быть установлено соответствие поверяемого источника 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.

6.2 При наличии дефектов поверяемый источник бракуется и подлежит ремонту.

7. ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 Перед проведением поверки должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

- средства поверки и поверяемый источник должны быть подготовлены к работе согласно руководств по эксплуатации;

- контроль условий по обеспечению безопасности проведения поверки (раздел 5) должен быть выполнен перед началом поверки.

- контроль условий проведения поверки (раздел 3) должен быть выполнен перед началом поверки.

7.2 Опробование источников проводят путем проверки функционирования в соответствии с руководством по эксплуатации.

При отрицательном результате опробования источник бракуется и направляется в ремонт.

8. ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Проверка 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.

Результат считается положительным, если версия программного обеспечения не ниже, приведенного в таблице 4.

Таблица 4 – Идентификационные данные программного обеспечения

Идентификационные данные (признаки)	Значение для моделей частотомеров			
	АКИП-5109/1	АКИП-5109/2	АКИП-5109/3	АКИП-5109/4
Идентификационное наименование ПО	А1	А2	А3	А4
Номер версии (идентификационный номер ПО)	не ниже 01.01.01			

9. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

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

9.1 Определение относительного дрейфа частоты и нестабильности кварцевого опорного генератора частотомера

Определение относительной погрешности по частоте опорного генератора частотомеров проводить по истечении времени прогрева, равного 30 минутам, методом сличения при помощи компаратора частотного Ч7-1014 (далее компаратор Ч7-1014).

9.1.1 Собрать схему, представленную на рисунке 1.



Рисунок 1 – Схема определения нестабильности и относительной погрешности по частоте опорного генератора частотомера

9.1.2 Подать сигнал с выхода частоты 10 МГц опорного генератора испытываемого частотомера на разъем ВХОД f_x компаратора Ч7-1014. От стандарта частоты и времени водородного Ч1-1007 (далее стандарт частоты Ч1-1007) подать сигнал на разъем ВХОД f_0 компаратора 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 генератора при поступлении на испытания.

Для кварцевого опорного генератора (стандартное исполнение или установленная опция 101) допускается вместо стандарта частоты Ч1-1007 использовать стандарт частоты рубидиевый GPS-12RG (далее – стандарт частоты GPS-12RG).

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

Результаты поверки считать положительными, если относительная погрешность по частоте опорного генератора не превышает значений, указанных в таблице 5.

Таблица 5

Наименование характеристики	Значение характеристики
Пределы допускаемого относительного дрейфа частоты опорного генератора (ОГ) за 1 год	
- стандартное исполнение	$\pm 2 \cdot 10^{-7}$
- опция 101	$\pm 5 \cdot 10^{-8}$
- опция FE-5680A	$\pm 5 \cdot 10^{-10}$

9.2 Определение диапазона измеряемых частот, чувствительности и абсолютной погрешности измерения частоты сигнала

Определение диапазона частот, чувствительности и относительной погрешности измерений частоты сигнала по входам 1 и 2 в диапазоне до 200 МГц проводить с помощью генератора сигналов произвольной формы АКИП-3428/3 (далее генератор 3428/3) с внешним источником опорной частоты от стандарта частоты Ч1-1007. Для кварцевого опорного генератора (стандартное исполнение или установленная опция 101) допускается вместо стандарта частоты Ч1-1007 использовать стандарт частоты GPS-12RG.

Генератор 3428/3 должен находиться в режиме формирования прямоугольных импульсов. Значение длительности фронта установить минимальное. Уровень сигнала на выходе генератора 3428/3 устанавливать по показаниям генератора.

Определение диапазона частот, чувствительности и относительной погрешности измерений частоты сигнала по входам 3 (от 200 МГц до 20 ГГц для АКИП-5109/1, АКИП-5109/2, АКИП-5109/3, АКИП-5109/4) и 4 (от 18 ГГц до 40 ГГц для АКИП-5109/2, АКИП-5109/4) проводить при помощи генератора сигналов Agilent E8257D (далее – генератор E8257D). Уровень сигнала на выходе генератора устанавливать по показаниям ваттметра, подключенного к концу измерительного кабеля.

9.2.1 При измерениях по входам 1 и 2 использовать схему соединения приборов, представленную на рисунке 2. При измерениях по входам 3 и 4 использовать схему соединения приборов, представленную на рисунке 3.

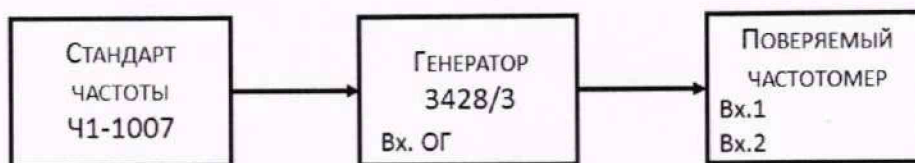


Рисунок 2 – Схема определения диапазона измеряемых частот, чувствительности и абсолютной погрешности измерений частоты сигнала для каналов 1 и 2



Рисунок 3 – Схема определения диапазона измеряемых частот, чувствительности и абсолютной погрешности измерений частоты сигнала для каналов 3 и 4

9.2.2 В частотомере установить режим измерения частоты и выбрать канал измерений согласно инструкции по эксплуатации. В параметрах входов 1 и 2 установить: входное сопротивление 50 Ом; уровень запуска 0 В; связь входа DC; измерение по переднему фронту импульса. Время измерения для всех каналов 10 секунд.

9.2.3 Провести измерения для всех каналов, устанавливая параметры входного сигнала в соответствии с таблицами 6 – 11. Результат измерений считать с дисплея частотомера после проведения двух циклов измерений.

9.2.4 Основную абсолютную погрешность измерений частоты сигнала определить по формуле (1):

$$\Delta = A_{\text{изм}} - A_{\text{действ}} \quad (1),$$

где: $A_{изм}$ – показание поверяемого частотомера при измерении соответствующего параметра;

$A_{действ}$ – действительное значение соответствующего параметра, задаваемое эталоном (средством поверки).

Результаты поверки считать положительными, если значения погрешностей, определенных по формуле (1) не превышают допустимых значений, указанных в таблицах 6 – 11.

Таблица 6 – Определение диапазона, чувствительности и абсолютной погрешности измерений частоты для каналов 1 и 2 моделей АКПП-5109/1 и АКПП-5109/2

Напряжение входного сигнала, $U_{вх}$	Частота входного сигнала, $F_{действ}$	Измеренное значение частоты, $F_{изм}$	Значение абсолютной погрешности, Гц	Пределы допускаемой абсолютной погрешности, Гц (в зависимости от типа ОГ)		
				стандартный	опция 101	опция FE-5680A
150 мВ _{п-п}	1 Гц			$\pm 2,081 \cdot 10^{-7}$	$\pm 5,813 \cdot 10^{-8}$	$\pm 8,633 \cdot 10^{-9}$
	100 Гц			$\pm 2,081 \cdot 10^{-5}$	$\pm 5,813 \cdot 10^{-6}$	$\pm 8,633 \cdot 10^{-7}$
	1 кГц			$\pm 2,081 \cdot 10^{-4}$	$\pm 5,813 \cdot 10^{-5}$	$\pm 8,633 \cdot 10^{-6}$
	10 кГц			$\pm 2,081 \cdot 10^{-3}$	$\pm 5,813 \cdot 10^{-4}$	$\pm 8,633 \cdot 10^{-5}$
	100 кГц			$\pm 0,0208$	$\pm 0,0058$	$\pm 0,0009$
	1 МГц			$\pm 0,208$	$\pm 0,058$	$\pm 0,009$
	10 МГц			$\pm 2,08$	$\pm 0,58$	$\pm 0,09$
	100 МГц			$\pm 20,8$	$\pm 5,8$	$\pm 0,9$
	200 МГц			± 42	± 12	± 2

Примечания

$V_{п-п}$ – здесь и далее - значение размаха входного сигнала

Таблица 7 – Определение диапазона, чувствительности и абсолютной погрешности измерений частоты для каналов 1 и 2 АКПП-5109/3 и АКПП-5109/4

Напряжение входного сигнала, $U_{вх}$	Частота входного сигнала, $F_{действ}$	Измеренное значение частоты, $F_{изм}$	Значение абсолютной погрешности, Гц	Пределы допускаемой абсолютной погрешности, Гц (в зависимости от типа ОГ)		
				стандартный	опция 101	опция FE-5680A
150 мВ _{п-п}	1 Гц			$\pm 2,0028 \cdot 10^{-7}$	$\pm 5,028 \cdot 10^{-8}$	$\pm 7,8 \cdot 10^{-10}$
	100 Гц			$\pm 2,0028 \cdot 10^{-5}$	$\pm 5,028 \cdot 10^{-6}$	$\pm 7,8 \cdot 10^{-8}$
	1 кГц			$\pm 2,0028 \cdot 10^{-4}$	$\pm 5,028 \cdot 10^{-5}$	$\pm 7,8 \cdot 10^{-7}$
	10 кГц			$\pm 2,0028 \cdot 10^{-3}$	$\pm 5,028 \cdot 10^{-4}$	$\pm 7,8 \cdot 10^{-6}$
	100 кГц			$\pm 2,0028 \cdot 10^{-2}$	$\pm 5,028 \cdot 10^{-3}$	$\pm 7,8 \cdot 10^{-5}$
	1 МГц			$\pm 0,20028$	$\pm 0,05028$	$\pm 0,00078$
	10 МГц			$\pm 2,0028$	$\pm 0,5028$	$\pm 0,0078$
	100 МГц			$\pm 20,028$	$\pm 5,028$	$\pm 0,078$
	200 МГц			$\pm 40,06$	$\pm 10,06$	$\pm 0,16$

Таблица 8 – Определение диапазона, чувствительности и абсолютной погрешности измерения частоты для канала 3 моделей АКПП-5109/1 и АКПП-5109/2

Уровень входного сигнала, дБм	Частота входного сигнала, $F_{дейст}$	Измеренное значение частоты, $F_{изм}$	Значение абсолютной погрешности, Гц	Пределы допускаемой абсолютной погрешности, Гц (в зависимости от типа ОГ)		
				стандартный	опция 101	опция FE-5680A
1	2	3	4	5	6	7
-12	0,2 ГГц			±41.6	±11.6	±1.7
-15	1 ГГц			±208	±58	±9
	5 ГГц			±1040	±290	±43
	10 ГГц			±2080	±580	±85
	15 ГГц			±3120	±870	±128
-13	20 ГГц			±4160	±1160	±170

Таблица 9 – Определение диапазона, чувствительности и абсолютной погрешности измерения частоты для канала 3 моделей АКПП-5109/3 и АКПП-5109/4

Уровень входного сигнала, дБм	Частота входного сигнала, $F_{дейст}$	Измеренное значение частоты, $F_{изм}$	Значение абсолютной погрешности, Гц	Пределы допускаемой абсолютной погрешности, Гц (в зависимости от типа ОГ)		
				стандартный	опция 101	опция FE-5680A
1	2	3	4	5	6	7
-12	0,2 ГГц			±40.053	±10.053	±0.153
-15	1 ГГц			±200.18	±50.18	±0.68
	5 ГГц			±1000.76	±250.76	±3.26
	10 ГГц			±2001.5	±501.5	±6.5
	15 ГГц			±3002.3	±752.3	±9.8
-13	20 ГГц			±4003.0	±1003.0	±13.0

Таблица 10 – Определение диапазона, чувствительности и абсолютной погрешности измерения частоты для канала 4 модели АКПП-5109/2

Уровень входного сигнала, дБм	Частота входного сигнала, $F_{дейст}$	Измеренное значение частоты, $F_{изм}$	Значение абсолютной погрешности, Гц	Пределы допускаемой абсолютной погрешности, Гц (в зависимости от типа ОГ)		
				стандартный	опция 101	опция FE-5680A
1	2	3	4	5	6	7
-29	18 ГГц			±3744	±1044	±153
	20 ГГц			±4160	±1160	±170
	25 ГГц			±5200	±1450	±213
	30 ГГц			±6240	±1740	±255
	35 ГГц			±7280	±2030	±298
-20	40 ГГц			±8320	±2320	±340

Таблица 11 – Определение диапазона, чувствительности и абсолютной погрешности измерения частоты для канала 4 модели АКПП-5109/4

Уровень входного сигнала, дБм	Частота входного сигнала, $F_{дейст}$	Измеренное значение частоты, $F_{изм}$	Значение абсолютной погрешности, Гц	Пределы допускаемой абсолютной погрешности, Гц (в зависимости от типа ОГ)		
				стандартный	опция 101	опция FE-5680A
1	2	3	4	5	6	7
-29	0,2 ГГц			±3602,9	±902,9	±11,9
	1 ГГц			±4003,0	±1003,0	±13,0
	5 ГГц			±5003,8	±1253,8	±16,3
	10 ГГц			±6004,5	±1504,5	±19,5
	15 ГГц			±7005,3	±1755,3	±22,8
-20	20 ГГц			±8006,1	±2006,1	±26,1

9.3 Определение абсолютной погрешности измерения периода сигнала

Определение абсолютной погрешности измерения периодов до 10 нс проводить с помощью генератора 3428/3 с внешним источником опорной частоты - стандартом частоты Ч1-1007. Для кварцевого опорного генератора (стандартное исполнение или установленная опция 101) допускается вместо стандарта частоты Ч1-1007 использовать стандарт частоты GPS-12RG. При измерениях генератор импульсов 3428/3 должен находиться в режиме формирования прямоугольных импульсов и установки периода повторения импульсов. Значение длительности фронта установить минимальное. При измерении периода менее 10 нс генератор импульсов 3428/3 необходимо заменить генератором E8257D. Измерения проводить для каналов 1 - 3 частотомера.

9.3.1 Собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 2 или рисунком 3 (в зависимости от поверяемых каналов частотомера). Измеритель мощности из схемы 3 исключить. Установку уровня сигнала производить по индикатору генератора. В частотомере установить режим измерения периода по соответствующему каналу в соответствии с руководством по эксплуатации.

9.3.2 В параметрах каналов 1 и 2 установить: входное сопротивление 50 Ом; уровень запуска 0 В; связь входа DC; измерение по переднему фронту импульса; фильтр 100 кГц - выключен. Время счета 1 секунда.

9.3.3 Для каналов 1 и 2, уровень сигнала с генератора 3428/3 установить 4 Вп.п. Для канала 3, уровень сигнала с генератора E8257D установить 0 дБм.

9.3.4 Провести измерения периода сигнала в точках, указанных в таблицах 12 - 15. Результат измерений считать с дисплея частотомера после проведения двух циклов измерений.

9.3.5 Абсолютную погрешность измерений периода сигнала определить по формуле (1).

Результаты поверки считать положительными, если значения погрешностей, определенных по формуле (1) не превышают допускаемых значений, указанных в таблицах 12 - 15.

Таблица 12 – Определение абсолютной погрешности измерений периода для каналов 1 и 2 моделей АКПП-5109/1 и АКПП-5109/2

Период входного сигнала, $P_{деств.}$	Измеренное значение периода, $P_{изм}$	Значение абсолютной погрешности	Пределы допускаемой абсолютной погрешности (в зависимости от типа ОГ)		
			стандартный	опция 101	опция FE-5680A
10 мс			$\pm 2,8 \cdot 10^{-6}$ мс	$\pm 1,3 \cdot 10^{-6}$ мс	$\pm 8,1 \cdot 10^{-7}$ мс
1 мкс			$\pm 2,8 \cdot 10^{-7}$ мкс	$\pm 1,3 \cdot 10^{-7}$ мкс	$\pm 8,1 \cdot 10^{-8}$ мкс
10 нс			$\pm 2,8 \cdot 10^{-6}$ нс	$\pm 1,3 \cdot 10^{-6}$ нс	$\pm 8,1 \cdot 10^{-7}$ нс

Таблица 13 – Определение абсолютной погрешности измерений периода для каналов 1 и 2 моделей АКИП-5109/3 и АКИП-5109/4

Период входного сигнала, $P_{\text{деств.}}$	Измеренное значение периода, $P_{\text{изм}}$	Значение абсолютной погрешности	Пределы допускаемой абсолютной погрешности (в зависимости от типа ОГ)		
			стандартный	опция 101	опция FE-5680A
10 мс			$\pm 2,016 \cdot 10^{-6}$ мс	$\pm 5,155 \cdot 10^{-7}$ мс	$\pm 2,05 \cdot 10^{-8}$ мс
1 мкс			$\pm 2,016 \cdot 10^{-7}$ мкс	$\pm 5,155 \cdot 10^{-8}$ мкс	$\pm 2,05 \cdot 10^{-9}$ мкс
10 нс			$\pm 2,016 \cdot 10^{-6}$ нс	$\pm 5,155 \cdot 10^{-7}$ нс	$\pm 2,05 \cdot 10^{-8}$ нс

Таблица 14 – Определение абсолютной погрешности измерений периода для канала 3 моделей АКИП-5109/1 и АКИП-5109/2

Период входного сигнала, $P_{\text{деств.}}$	Измеренное значение периода, $P_{\text{изм}}$	Значение абсолютной погрешности	Пределы допускаемой абсолютной погрешности (в зависимости от типа ОГ), нс		
			стандартный	опция 101	опция FE-5680A
5 нс			$\pm 1,4 \cdot 10^{-6}$	$\pm 6,51 \cdot 10^{-7}$	$\pm 4,04 \cdot 10^{-7}$
100 пс			$\pm 2,8 \cdot 10^{-5}$	$\pm 1,30 \cdot 10^{-5}$	$\pm 8,05 \cdot 10^{-6}$
50 пс			$\pm 1,4 \cdot 10^{-5}$	$\pm 6,50 \cdot 10^{-6}$	$\pm 4,03 \cdot 10^{-6}$

Таблица 15 – Определение абсолютной погрешности измерений периода для канала 3 моделей АКИП-5109/3 и АКИП-5109/4

Период входного сигнала, $P_{\text{деств.}}$	Измеренное значение периода, $P_{\text{изм}}$	Значение абсолютной погрешности	Пределы допускаемой абсолютной погрешности (в зависимости от типа ОГ), нс		
			стандартный	опция 101	опция FE-5680A
5 нс			$\pm 1,01 \cdot 10^{-6}$	$\pm 2,59 \cdot 10^{-7}$	$\pm 1,14 \cdot 10^{-8}$
100 пс			$\pm 2,02 \cdot 10^{-5}$	$\pm 5,15 \cdot 10^{-6}$	$\pm 2,01 \cdot 10^{-7}$
50 пс			$\pm 1,01 \cdot 10^{-5}$	$\pm 2,58 \cdot 10^{-6}$	$\pm 1,00 \cdot 10^{-7}$

9.4 Определение абсолютной погрешности измерений временных интервалов и длительности импульсов

Определение абсолютной погрешности измерений временных интервалов и длительности импульсов проводить с помощью генератора 3428/3 с внешним источником опорной частоты - стандартом частоты Ч1-1007. Для кварцевого опорного генератора (стандартное исполнение или установленная опция 101) допускается вместо стандарта частоты Ч1-1007 использовать стандарт частоты GPS-12RG. При измерениях генератор импульсов 3428/3 должен находиться в режиме формирования прямоугольных импульсов, значение длительности фронта установить минимальное.

9.4.1 Для определения погрешности измерений длительности импульсов собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 2. Установку уровня сигнала производить по индикатору генератора. В частотомере установить режим измерений длительности импульсов в соответствии с руководством по эксплуатации. Измерения проводятся для канала 1.

9.4.2 В параметрах канала установить: входное сопротивление 50 Ом; уровень запуска 0 В; связь входа DC; измерение по переднему фронту импульса; фильтр 100 кГц - выключен. Время счета установить 1 секунда.

9.4.3 Уровень сигнала с генератора 3428/3 установить: 4 В_{п-п}, постоянное смещение 0 В; период повторения 1 с; импульс положительной полярности (Normal).

9.4.4 Провести измерения длительности импульсов в точках, указанных в таблицах 16 - 17. Записать не менее 10 последовательных показаний частотомера для каждого измеряемого значения. За результат измерений принимать среднее арифметическое значение показаний.

9.4.5 Абсолютную погрешность измерений длительности импульсов определить по формуле (1).

Результаты поверки считать положительными, если значения погрешностей, определенных по формуле (1) не превышают допусковых значений, указанных в таблицах 16 - 17.

Таблица 16 – Определение абсолютной погрешности измерений длительности импульсов для канала 1 моделей АКПП-5109/1 и АКПП-5109/2

Длительность импульсов, $\tau_{\text{деств.}}$	Измеренное значение длительности, $\tau_{\text{изм}}$	Значение абсолютной погрешности	Пределы допускаемой абсолютной погрешности (в зависимости от типа ОГ)		
			стандартный	опция 101	опция FE-5680A
100 мкс			$\pm 0,00502$ мкс	$\pm 0,00501$ мкс	$\pm 0,005$ мкс
100 нс			± 5 нс	± 5 нс	± 5 нс
30 нс			± 5 нс	± 5 нс	± 5 нс

Таблица 17 – Определение абсолютной погрешности измерений длительности импульсов для канала 1 моделей АКПП-5109/3 и АКПП-5109/4

Длительность импульсов, $\tau_{\text{деств.}}$	Измеренное значение длительности, $\tau_{\text{изм}}$	Значение абсолютной погрешности	Пределы допускаемой абсолютной погрешности (в зависимости от типа ОГ)		
			стандартный	опция 101	опция FE-5680A
100 мкс			$\pm 0,00402$ мкс	$\pm 0,00401$ мкс	$\pm 0,004$ мкс
100 нс			± 4 нс	± 4 нс	± 4 нс
30 нс			± 4 нс	± 4 нс	± 4 нс

9.4.6 Для определения погрешности измерений временных интервалов собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 4. Подать с выхода Out 1 генератора 3428/3 опорные импульсы на вход канала 1 частотомера, а задержанные импульсы с выхода Out 2 на вход канала 2. Установку уровня сигнала производить по индикатору генератора. В частотомере установить режим измерений временных интервалов в соответствии с руководством по эксплуатации. Параметры для канала 1 и 2 установить в соответствии с п. 9.4.2.



Рисунок 4 – Схема определения погрешности измерений временных интервалов

9.4.7 В генераторе 3428/3 установить:

- режим формирования импульсов положительной полярности (Normal);
- амплитуду выходных импульсов равную $4 V_{\text{п-п}}$ для обоих каналов 1 и 2;
- постоянное смещение 0 В для обоих каналов 1 и 2;
- значение временной задержки Delay в Канале 1 равным 0 пс; значение временной задержки Delay в Канале 2, согласно таблицам 18 - 19.

9.4.8 Провести измерения временных интервалов (Т) в точках, указанных в таблицах 18 - 19. Записать не менее 10 последовательных показаний частотомера для каждого измеряемого значения. За результат измерений принимать среднее арифметическое значение показаний.

9.4.9 Абсолютную погрешность измерений временных интервалов определить по формуле (1).

Результаты поверки считать положительными, если значения погрешностей, определенных по формуле (1) не превышают допускаемых значений, указанных в таблицах 18 - 19.

Таблица 18 – Определение абсолютной погрешности измерений временных интервалов для моделей АКПП-5109/1 и АКПП-5109/2

Заданное значение врем. инт., $T_{\text{деств.}}$	Измеренное значение $T_{\text{изм}}$	Значение абсолютной погрешности	Пределы допускаемой абсолютной погрешности (в зависимости от типа ОГ)		
			стандартный	опция 101	опция FE-5680A
10 нс			± 5 нс	± 5 нс	± 5 нс
100 мкс			$\pm 0,00502$ мкс	$\pm 0,00501$ мкс	$\pm 0,005$ мкс
1 с			$\pm 2,0505 \cdot 10^{-7}$ с	$\pm 5,505 \cdot 10^{-8}$ с	$\pm 5,55 \cdot 10^{-9}$ с

Таблица 19 – Определение абсолютной погрешности измерений временных интервалов для моделей АКПП-5109/3 и АКПП-5109/4

Заданное значение врем. инт., $T_{\text{деств.}}$	Измеренное значение $T_{\text{изм}}$	Значение абсолютной погрешности	Пределы допускаемой абсолютной погрешности (в зависимости от типа ОГ)		
			стандартный	опция 101	опция FE-5680A
10 нс			± 4 нс	± 4 нс	± 4 нс
100 мкс			$\pm 0,00402$ мкс	$\pm 0,00401$ мкс	$\pm 0,004$ мкс
1 с			$\pm 2,0405 \cdot 10^{-7}$ с	$\pm 5,4050 \cdot 10^{-8}$ с	$\pm 4,5500 \cdot 10^{-9}$ с

9.5 Определение абсолютной погрешности измерения фазового сдвига

Определение абсолютной погрешности измерений фазового сдвига проводить с помощью генератора 3428/3 с внешним источником опорной частоты - стандартом частоты Ч1-1007. Для кварцевого опорного генератора (стандартное исполнение или установленная опция 101) допускается вместо стандарта частоты Ч1-1007 использовать стандарт частоты GPS-12RG. При измерениях генератор импульсов 3428/3 должен находиться в режиме формирования прямоугольных импульсов, значение длительности фронта установить минимальным.

9.5.1 Для определения погрешности измерений фазового сдвига собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 4. Подать с выхода Out 1 генератора 3428/3 опорные импульсы на вход канала 1 частотомера, а задержанные импульсы с выхода Out 2 на вход канала 2. Установку уровня сигнала производить по индикатору генератора. В частотомере установить режим измерений фазового сдвига в соответствии с руководством по эксплуатации. Параметры для канала 1 и 2 установить в соответствии с п. 9.4.2.

9.5.2 В генераторе 3428/3 установить параметры согласно п. 9.4.7. В канале 2 генератора нажать кнопку Delay.

9.5.3. Произвести измерения фазового сдвига, устанавливая на генераторе значения задержки импульсов: 0,25 мс, 0,5 мс, 0,75 мс, при значениях частоты сигнала 1 кГц и 1 МГц в точках 90°, 180°, 270° согласно таблице 20. Записать не менее 10 последовательных показаний частотомера для каждого измеряемого значения. За результат измерений принимать среднее арифметическое значение показаний.

9.5.4 Абсолютную погрешность измерений фазового сдвига определить по формуле (1).

Результаты поверки считать положительными, если значения погрешностей, определенных по формуле (1) не превышают допускаемых значений, указанных в таблице 20.

Таблица 20 – Определение абсолютной погрешности измерений фазового сдвига

Частота входного сигнала	Задаваемые значения задержки импульсов на генераторе, мс	Значения фазового сдвига, °	Значение абсолютной погрешности, °	Пределы допускаемой абсолютной погрешности, ° для моделей:	
				АКИП-5109/1, АКИП-5109/2	АКИП-5109/3, АКИП-5109/4
1 кГц	0,25	90		±0,05108	±0,0109
	0,5	180		±0,05108	±0,0109
	0,75	270		±0,05108	±0,0109
1 МГц	0,25	90		±1,13	±0,91
	0,5	180		±1,13	±0,91
	0,75	270		±1,13	±0,91

9.6 Определение абсолютной погрешности измерений коэффициента заполнения импульсов

Определение абсолютной погрешности измерений коэффициента заполнения импульсов проводить с помощью генератора 3428/3 с внешним источником опорной частоты - стандартом частоты Ч1-1007. Для кварцевого опорного генератора (стандартное исполнение или установленная опция 101) допускается вместо стандарта частоты Ч1-1007 использовать стандарт частоты GPS-12RG. При измерениях генератор импульсов 3428/3 должен находиться в режиме формирования прямоугольных импульсов, значение длительности фронта установить минимальным.

9.6.1 Для определения погрешности измерений длительности импульсов собрать измерительную схему в соответствии с рисунком 2. Установку уровня сигнала производить по индикатору генератора. В частотомере установить режим измерений коэффициента заполнения импульсов в соответствии с руководством по эксплуатации. Измерения проводятся для канала 1. Параметры для канала 1 установить в соответствии с п. 9.4.2.

9.6.2 Уровень сигнала с генератора 3428/3 установить: $4 V_{п-п}$, постоянное смещение 0 В.

9.6.3 Произвести измерения коэффициента заполнения импульсов ($K_{зап}$), при частотах сигнала и значениях коэффициента заполнения, устанавливаемых согласно таблицам 21 – 22. Записать не менее 10 последовательных показаний частотомера для каждого измеряемого значения. За результат измерений принимать среднее арифметическое значение показаний.

9.6.4 Абсолютную погрешность измерений фазового сдвига определить по формуле (1).

Результаты поверки считать положительными, если значения погрешностей, определенных по формуле (1) не превышают допускаемых значений, указанных в таблицах 21 – 22.

Таблица 21 – Определение абсолютной погрешности измерений коэффициента заполнения для канала 1 моделей АКИП-5109/1 и АКИП-5109/2

Частота входного сигнала	Заданное значение $K_{зап}$ дейст	Измеренное значение $K_{зап}$ изм	Значение абсолютной погрешности	Пределы допускаемой абсолютной погрешности (в зависимости от типа ОГ)		
				стандартный	опция 101	опция FE-5680A
1 кГц	0,5			±0,0001042	±0,0001041	±0,0001041
	0,01			±0,0001041	±0,0001041	±0,0001041
	0,99			±0,0001042	±0,0001041	±0,0001041
1 МГц	0,5			±0,004151	±0,004151	±0,004151
	0,05			±0,004151	±0,004151	±0,004151
	0,95			±0,004151	±0,004151	±0,004151

Таблица 22 – Определение абсолютной погрешности измерений коэффициента заполнения для канала 1 моделей АКПП-5109/3 и АКПП-5109/4

Частота входного сигнала	Заданное значение Кзап _{дейст}	Измеренное значение Кзап _{изм}	Значение абсолютной погрешности	Пределы допускаемой абсолютной погрешности (в зависимости от типа ОГ)		
				стандартный	опция 101	опция FE-5680A
1 кГц	0,5			±0,0001022	±0,0001021	±0,0001021
	0,01			±0,0001021	±0,0001021	±0,0001021
	0,99			±0,0001023	±0,0001021	±0,0001021
1 МГц	0,5			±0,002155	±0,002155	±0,002155
	0,05			±0,002155	±0,002155	±0,002155
	0,95			±0,002155	±0,002155	±0,002155

9.7 Подстройка (калибровка) встроенного опорного генератора

Калибровку проводить при температуре (+23±3) °С.

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

9.7.2 Подать сигнал со стандарта частоты Ч1-1007 на вход 1 частотного компаратора Ч7-1014. Подать выходной сигнал 10 МГц с входа, расположенного на задней панели поверяемого прибора к входу Fx компаратора частотного Ч7-1014. Время измерения сигнала должно быть не менее 10 с. Измерить и записать отклонение от опорной частоты.

9.7.3 Выполнить подстройку (калибровку) встроенного опорного кварцевого генератора частотомера согласно инструкции по эксплуатации на частотомеры. Подстройку рубидиевого опорного генератора FE-5680A проводить согласно инструкции изготовителя ОАО "Морион", г. С.-Петербург.

9.7.4 Относительное отклонение частоты ОГ относительно номинального значения установить согласно таблицы 23 в зависимости от типа ОГ.

Таблица 23 – Пределы относительного отклонения частоты ОГ при подстройке

Наименование характеристики	Значение		
	стандартное исполнение	опция 101	опция FE-5680A
Значение относительного отклонения частоты ОГ при подстройке	±5·10 ⁻⁸	±1·10 ⁻⁸	±1·10 ⁻¹¹

Примечание: для подстройки (калибровки) частоты опорного генератора поверяемого частотомера можно использовать сигнал с частотой 5 МГц или 10 МГц.

10. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

10.1 Результаты поверки подтверждаются сведениями о результатах поверки средств измерений, включенными в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

10.2 При положительных результатах поверки, по заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, 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" и (или) наносится знак поверки на средство измерений.

10.3 При отрицательных результатах поверки (когда не подтверждается соответствие метрологическим требованиям), по заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдается извещение о непригодности.

10.4 Протоколы поверки оформляются в соответствии с требованиями, установленными в организации, проводившей поверку.

Начальник отдела испытаний



О.В. Котельник

Ведущий инженер по метрологии
отдела испытаний АО «ПриСТ»



Ю.А. Буренков

Метрологические требования подтверждаемые в результате поверки

Таблица 1А – Основные метрологические характеристики в режимах измерения частоты, периода и отношения частот

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений частоты по каналам 1 и 2, Гц, - по постоянному току - по переменному току при входном сопротивлении 50 Ом - по переменному току при входном сопротивлении 1 Мом	от 0,001 до $2 \cdot 10^8$ от $1 \cdot 10^6$ до $2 \cdot 10^8$ от 30 до $2 \cdot 10^8$
Диапазон измерений периода по каналам 1 и 2, с, - по постоянному току - по переменному току при входном сопротивлении 50 Ом - по переменному току при входном сопротивлении 1 Мом	от $5 \cdot 10^{-9}$ до $1 \cdot 10^3$ от $5 \cdot 10^{-9}$ до $1 \cdot 10^{-6}$ от $5 \cdot 10^{-9}$ до $3,3 \cdot 10^{-2}$
Диапазон измерений частоты по каналу 3, Гц, для - по переменному току при входном сопротивлении 50 Ом	от $2 \cdot 10^8$ до $2 \cdot 10^{10}$
Диапазон измерений частоты по каналу 4, Гц, для модификаций АКПП-5109/2, АКПП-5109/4 - по переменному току при входном сопротивлении 50 Ом	от $1,8 \cdot 10^{10}$ до $4,0 \cdot 10^{10}$
Диапазоны уровней сигнала на входе 1 и 2 - для синусоидального сигнала, $V_{\text{свз}}^{1)}$ - для импульсного сигнала (размах), $V_{\text{п-п}}^{2)}$	от $5 \cdot 10^{-2}$ до 1 от 0,15 до 4,5
Диапазоны уровней сигнала на входе 3, дБм, не более от 200 до 350 МГц включ. св. 350 МГц до 18 ГГц включ. св. 18 до 20 ГГц включ.	-10 -15 -10
Диапазоны уровней сигнала на входе канала 4 для модификаций АКПП-5109/2, АКПП-5109/4, дБм, не более от 18 до 20 ГГц включ. св. 20 до 28 ГГц включ. св. 28 до 37 ГГц включ. св. 37 до 40 ГГц включ.	от -29 до +15 от -20 до +15 от -29 до +10 от -20 до +13
Пределы допускаемой относительной погрешности по частоте внутреннего кварцевого генератора за год: - стандартный - термостатированный (опция 101) - рубидиевый (опция FE-5680A)	$\pm 2 \cdot 10^{-7}$ $\pm 5 \cdot 10^{-8}$ $\pm 5 \cdot 10^{-10}$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений отношения частот	$\Delta_{f1/f2} = \frac{1}{f_2 \cdot t_{\text{сч}}}$ где f_2 – значение частоты сигнала на канале 2, Гц; $t_{\text{сч}}$ – установленное время счета в частотомере, с.

Продолжение таблицы 1А

Наименование характеристики	Значение
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений частоты и периода сигнала	$\Delta_{f,P} = \pm \left(\delta_0 + \frac{\Delta_{\text{зап}}}{t_{\text{сч}}} + \frac{\Delta_{\text{сис}}}{t_{\text{сч}}} + \frac{\Delta_u}{t_{\text{сч}}} \right) \cdot f(P)$ <p>где δ_0 – предел допускаемого относительного дрейфа частоты ОГ; $\Delta_{\text{сис}}$ – системная составляющая погрешности, с; Δ_u – погрешность индикатора, с; $\Delta_{\text{зап}}$ – составляющая погрешности, обусловленная системой запуска, с; $t_{\text{сч}}$ – установленное время счета в частотомере, с; f – измеряемое значение частоты, Гц; P – измеряемое значение периода, с. Системная составляющая погрешности $\Delta_{\text{сис}}$, с: $1 \cdot 10^{-9}$ – для частотомеров АКИП-5109/3, АКИП-5109/4, $7 \cdot 10^{-8}$ – для частотомеров АКИП-5109/1, АКИП-5109/2. Погрешность индикатора Δ_u, с: $5 \cdot 10^{-10}$ – для частотомеров АКИП-5109/3, АКИП-5109/4, $1 \cdot 10^{-8}$ – для частотомеров АКИП-5109/1, АКИП-5109/2.</p>
Составляющая погрешности, обусловленная системой запуска, с	$\Delta_{\text{зап}} = \frac{(0,005 \cdot U_{\text{зап}} + U_u) \cdot 2}{\tau_{\text{зап}}}$ <p>где $U_{\text{зап}}$ – уровень запуска, В; U_u – уровень шумового сигнала на входе, В; $U_u = 0,05$ В – для частотомеров АКИП-5109/1, АКИП-5109/2, АКИП-5109/3, АКИП-5109/4. $\tau_{\text{зап}}$ – скорость нарастания сигнала в точке запуска, В/с; $\tau_{\text{зап}} = V_{pp} \cdot 2\pi \cdot f$ – для сигналов синусоидальной формы с уровнем запуска равным нулю, где V_{pp} – значение размаха сигнала на входе, В; f – частота сигнала, Гц.</p>
Примечание	<p>1) $V_{\text{срз}}$ – здесь и далее среднее квадратическое значение напряжения; 2) $V_{\text{п-п}}$ – здесь и далее размах импульсного напряжения.</p>

Таблица 2А – Основные метрологические и технические характеристики в режимах измерения временных интервалов, фазового сдвига между сигналами, длительности, коэффициента заполнения

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерения длительности интервала времени между импульсами, поступающими на вход каналов 1 и 2, с	от $1 \cdot 10^{-8}$ до 10000
Диапазон измерения длительности импульсов (только для канала 1), с	от $1 \cdot 10^{-8}$ до 5000
Диапазон измерения коэффициента заполнения импульсов (только для канала 1)	от 0,0001 до 0,9999
Диапазон измерения разности фаз двух синхронных синусоидальных сигналов (только для каналов 1 и 2 в диапазоне частот до 1 МГц), °	от 0 до 360

Продолжение таблицы 2А

Наименование характеристики	Значение
<p>Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений временных интервалов и длительности импульсов, с</p>	$\Delta_{T,\tau} = \pm \left[\left(\delta_0 + \frac{\Delta_{зан}}{t_{сч}} \right) \cdot T(\tau) + \Delta_{сис} \right]$ <p>где δ_0 – предел допускаемого относительного дрейфа частоты ОГ; $\Delta_{зан}$ – составляющая погрешности, обусловленная системой запуска, с; $T(\tau)$ – измеряемый временной интервал или длительность импульсов, с; $\Delta_{сис}$ – системная составляющая погрешности, с: $5 \cdot 10^{-9}$ - для частотомеров АКИП-5109/1, АКИП-5109/2; $4 \cdot 10^{-9}$ - для частотомеров АКИП-5109/3, АКИП-5109/4.</p>
<p>Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений фазового сдвига, ° для АКИП-5109/1, АКИП-5109/2 для АКИП-5109/3, АКИП-5109/4</p>	$\pm (3 \cdot 10^{-9} + \Delta_{зан}) \cdot f \cdot 360 + 0,05$ $\pm (2,5 \cdot 10^{-9} + \Delta_{зан}) \cdot f \cdot 360 + 0,01,$ <p>где f – частота сигнала, Гц; $\Delta_{зан}$ – составляющая погрешности, обусловленная системой запуска, с;</p>
<p>Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений коэффициента заполнения импульсов</p>	$\Delta_{Kзан} = \pm (0,0001 + \Delta Q_{RMS} + (\delta_0 \cdot \tau + \Delta_{зан} + 1,5 \cdot 10^{-9}) \cdot f),$ <p>где ΔQ_{RMS} – среднеквадратическая погрешность измерения, определяемая по формуле: $\Delta Q_{RMS} = \pm \sqrt{(\Delta_H^2 + 2 \cdot \Delta_{зан}^2) \cdot (1 + Q^2)} \cdot f;$ Δ_H – погрешность индикатора, с; Q – измеряемый коэффициент заполнения импульсов; δ_0 – предел допускаемого относительного дрейфа частоты ОГ; $\Delta_{зан}$ – составляющая погрешности, обусловленная системой запуска, с; τ – длительность импульса, с; f – частота сигнала, Гц.</p>
<p>Примечание: При отличии скорости нарастания сигнала в точке начала измерения и в точке окончания измерения, составляющая погрешности, обусловленная системой запуска, рассчитывается по формуле: $\Delta_{зан} = \sqrt{(\Delta_{зан1})^2 + (\Delta_{зан2})^2}$, где $\Delta_{зан1}$ - составляющая погрешности в точке начала измерения, обусловленная системой запуска, приведенная в таблице 1А; $\Delta_{зан2}$ - составляющая погрешности в точке окончания измерения, обусловленная системой запуска, приведенная в таблице 1А.</p>	

Таблица 3А – Основные технические характеристики

Наименование характеристики	Значение характеристики для моделей частотомеров			
	АКИП-5109/1	АКИП-5109/2	АКИП-5109/3	АКИП-5109/4
Временное разрешение при однократном измерении	2,5 нс		500 пс	
Разрешение индикатора	10 разрядов		12 разрядов	
Номинальное входное сопротивление (импеданс) - входы 1 и 2 (разъем BNC-типа); - вход 3 (разъем N-типа); - вход 4 (разъем SMA-типа/3,5 мм);	1 МОм/ 35 пФ или 50 Ом 50 Ом 50 Ом			
Напряжение питающей сети, В	от 99 до 121 / от 198 до 242			
Частота питающей сети, Гц	от 47,5 до 52,5 / от 57 до 63			
Потребляемая мощность, В·А, не более	35			
Габаритные размеры, мм, не более (ширина×высота×глубина)	235×105×375			
Масса, кг, не более	4,9			
Рабочие условия эксплуатации - температура окружающего воздуха, °С - относительная влажность, %	от 0 до +40 от 20 до 80			