# ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННО-СЧЕТНОГО (ЦИФРОВОГО) ЧАСТОТОМЕРА

**Цель работы**

Изучить метрологические характеристики, принципы работы, структурную схему, источники погрешностей электронно-счетного частотомера, способы нормирования суммарной погрешности.

Научиться оценивать абсолютные и относительные погрешности результатов измерения частоты и периода, обусловленные погрешностями частотомера.

Получить практические навыки работы с частотомером.

**Используемые приборы**

Основной: электронно-счетный частотомер (ЭСЧ) Ч3-33.

Вспомогательный: генератор измерительных сигналов низкочастотный Г3-109.

**Лабораторное задание**

1. Ознакомиться с метрологическими характеристиками исследуемого электронно-счетного частотомера.
2. Рассчитать в процессе подготовки к работе пределы ожидаемой абсолютной погрешности измерения заданного значения частоты.
3. Проверить работу частотомера в режиме самоконтроля.
4. Исследовать зависимость показаний и погрешности частотомера от времени измерения в режиме измерения частоты.
5. Исследовать зависимость показаний и погрешности частотомера от частоты исследуемого сигнала в режиме измерения периода.
6. Исследовать возможность уменьшения погрешности частотомера при использовании режима умножения периода.

**Подготовка к работе** (домашнее задание)

Изучить по литературе [1, 2, 5, 6] и конспекту лекций теоретический материал, относящийся к данной работе.

Изучить описание данной работы и заготовить в рабочей тетради формы всех таблиц в соответствии с указаниями к содержанию отчета.

Оценить расчетным путем в соответствии с требованиями п. 3.1 пределы ожидаемой абсолютной суммарной погрешности цифрового частотомера при измерении одного из значений частоты в диапазоне частот (100 - 200) кГц. Значение частоты принять равным *fx =* 1ХХкГц*,* где ХХ последние две цифры номера студенческого билета (зачетной книжки).Результаты расчета пределов суммарной погрешности и ее составляющих записать в табл. 5.3.

**Порядок выполнения работы и методические указания**

***1. Ознакомление с метрологическими характеристиками***

***исследуемого электронно-счетного частотомера***

1.1. Включить питание исследуемого частотомера и вспомогательного генератора измерительных сигналов для их прогрева.

1.2. Прочитать краткое техническое описание и инструкцию по работе с исследуемым частотомером Ч3-33 [3]. Ознакомиться с органами управления частотомера и вспомогательного генератора.

1.3. Заполнить табл. 5.1.

Таблица 5.1

Основные метрологические характеристики частотомера Ч3 -33

|  |  |
| --- | --- |
| Характеристики | Нормируемые  значения |
| Режимы измерения: |  |
| Диапазон измеряемых частот в режиме измерения частоты, Гц |  |
| Пределы установки времени измерения Δ*t*0, с |  |
| Пределы установки периода меток времени *Т*0*,* мкс |  |
| Основная относительная погрешность частоты внутреннего опорного генератора, δ0 |  |
| Основная относительная погрешность измерения частоты δ*f* |  |
| Основная относительная погрешность измерения периода синусоидального сигнала, δ*Т* |  |

***2. Проверка работы цифрового частотомера***

***в режиме самоконтроля***

Включить режим самоконтроля; переключатель **Время измерения** установить на указанные в табл. 5.2 значения времени измерения Δ*t*0 на каждой проверяемой частоте и записать показания цифрового индикатора в соответствующие строки табл. 5.2.

Проанализировать полученные данные, **сделать вывод по результатам проверки.**

Таблица 5.2

Результаты проверки работы частотомера в режиме самоконтроля

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Частота (период) меток времени,  кГц (с) | Показания частотомера, кГц при Δ*t*0, с | | |
| 0,01 | 0,1 | 1,0 |
| 100 (10–5) | 100,0 | 100,00 | 100,000 |
| 1000 (10–6) | 1000,0 | 1000,00 | 1000,000 |
| 10000 (10–7) | 10000,0 | 10000,00 | 10000,000 |

***Указание***. При записи показаний следует фиксировать все значащие цифры результата измерения, включая нули.

***3. Исследование зависимости показаний***

***и погрешности частотомера от времени измерения***

***в режиме измерения частоты***

3.1. Взять за основу формулу, с помощью которой нормируется основная относительная погрешность частотомера в режиме измерения частоты и рассчитать (при домашней подготовке к работе) составляющие абсолютной погрешности цифрового частотомера:

- погрешность, обусловленную погрешностью установки частоты опорного (кварцевого) генератора:

Δ0 = ± δ0*fx*;

- погрешность квантования (дискретности):



- суммарную абсолютную погрешность частотомера Δ*f*Σ = ± (Δ0 + Δкв).

Расчет выполнить для четырех значений времени измерения Δ*t*0, указанных в табл. 5.3, и выбранного по требованиям раздела «Подготовка к работе» значения измеряемой частоты *fx* в диапазоне 100 - 200 кГц.

Значение основной относительной погрешности δ0 опорного генератора с кварцевой стабилизацией взять из метрологических характеристик частотомера Ч3-33.

Расчетные значения погрешностей следует округлить до двух значащих цифр. Результаты расчета записать в столбцы «Расчет» табл. 5.3.

Таблица 5.3

Результаты исследования зависимости показаний и погрешности частотомера

в режиме измерения частоты от времени измерения

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Время  измерения Δ*t*0 , с | Расчет | | | Эксперимент | |
| Δ0 , Гц | Δкв , Гц | Δ*f*Σ , кГц | *fx* , кГц | Δ*f* экс , кГц |
| 10 |  |  |  | 200,7442 |  |
| 1,0 |  |  |  | 200,744 |  |
| 10–1 |  |  |  | 200,74 |  |
| 10–2 |  |  |  | 200,7 |  |

3.2. Установить частотомер в режим измерения частоты. Подать на вход А частотомера синусоидальный сигнал от генератора измерительных сигналов, на шкале которого установить значение частоты, выбранной при предварительном расчете по п.3.1. Измерить частоту сигнала при различных положениях переключателя **Время измерения**, соответствующих указанным в табл. 5.3 значениям Δ*t*0. Результаты измерения занести в столбец «Эксперимент» табл. 5.3.

***Указание.*** Эксперимент следует проводить достаточно быстро, чтобы частота сигнала генератора Г3-109 не изменилась в процессе измерения существенным образом. Обратите внимание на изменение количества значащих цифр в показаниях частотомера при переключении времени измерения.

3.3. По данным расчета и эксперимента (табл. 5.3) выбрать показание частотомера, соответствующее минимальной погрешности Δ*f*Σ (наибольшей точности) измерения частоты. Это показание принять за действительное значение результата измерения *f*действ.

Оценить абсолютную погрешность измерения частоты

Δ*f* эксп = *fх* – *f*действ

при других значениях времени измерения.

Полученные оценки Δ*f* эксп записать в табл. 5.3 и сравнить с расчетными значениями Δ*f*Σ. **Сделать вывод о характере изменения показаний и погрешности частотомера с увеличением времени измерения.**

***4. Исследование зависимости показаний***

***и погрешностей частотомера от частоты исследуемого сигнала***

***в режиме измерения периода***

4.1. Установить частотомер в режим измерения периода. Выбрать и установить на частотомере значение периода меток времени *Т*0, обеспечивающее минимальную погрешность измерения периода. Выбранное значение *Т*0 записать в табл. 5.4.

Таблица 5.4

Результаты исследования зависимости показаний и погрешности частотомера

от частоты измеряемого сигнала в режиме измерения периода

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Установлено  на шкале генератора | | Режим измерения периода, *Т*0 =0,1 мкс | | | | | | | |
| эксперимент | | | | расчет | | | |
| *f*, Гц | *Т*, мс | *Тх* макс,мс | *Тх* мин, мс | *Тх* , мс | Δзап, мс | Δкв, мс | Δ0, мс | Δ*Т*Σ, мс | δ*Т*Σ |
| 105 | 0,01 | 0,0100 | 0,0099 |  |  |  |  |  |  |
| 104 | 0,1 | 0,0995 | 0,0993 |  |  |  |  |  |  |
| 103 | 1,0 | 0,9954 | 0,9952 |  |  |  |  |  |  |
| 102 | 10 | 9,9472 | 9,9441 |  |  |  |  |  |  |

***Указание.*** При нормировании суммарной относительной погрешности электронно-счетных частотомеров в режиме измерения периода *Тх* синусоидального сигнала учитывают три составляющие:

δ*ТΣ =* ±(δ0*+*δ*кв*+δзап),

где δ0 *-* относительная погрешность частоты опорного генератора; δкв *-* относительная погрешность квантования (дискретности); δзап *-* относительная погрешность уровня запуска.

Относительная погрешность квантования при измерении периода определяется по формуле ** где *Т*0 - период меток времени. Значения *Т*0 устанавливают на частотомере с помощью соответствующего переключателя. При выполнении данного пункта целесообразно выбрать минимальное значение *Т*0, чтобы реализовать максимальную точность.

4.2. Установить на генераторе и подать на вход Б частотомера синусоидальный сигнал, частота и период которого указаны в первой строке табл.5.4. Обратить внимание на то, что показания частотомера от одного измерения к другому будут несколько различаться.

***Указание.*** Изменение показаний на одну единицу младшего разряда является следствием погрешности квантования. Изменение показаний в пределах нескольких единиц последнего разряда является следствием погрешности уровня запуска Δзап , которая обусловлена наличием шумов в измеряемом сигнале и нестабильностью порога срабатывания формирующего устройства частотомера. Если предположить, что частота и, соответственно, период измеряемого сигнала постоянны, то результатом измерения периода при наличии погрешности уровня запуска можно считать значение:

**

а оценкой абсолютной погрешности уровня запуска значение

**

где *Тх* макс, *Тх* мин – соответственно максимальное и минимальное показания частотомера в ряду из нескольких наблюдений.

4.3.Записать измеренное значение периода *Тх* в табл. 5.4. Оценить пределы абсолютной погрешности уровня запуска Δзап и записать в ту же таблицу.Повторить измерение периода и вычисление погрешности уровня запуска для других частот сигнала, указанных в первом столбце табл.5.4.

***Указание.*** Следует обратить внимание на увеличение количества значащих цифр в показаниях частотомера с уменьшением частоты (увеличением измеряемого периода).

4.4. Оставить последнюю настройку генератора на частоту 100 Гц. Перевести частотомер в режим измерения частоты; выбрать по своему усмотрению время измерения Δ*t*0, установить его значение на частотомере и записать в табл. 5.5. Измерить частоту сигнала *fx* и записать результат в ту же таблицу.

**Сделать вывод о целесообразности выбора того или иного режима работы частотомера при измерении сигналов низкой частоты**.

Таблица 5.5

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Установлено на шкале генератора | Режим измерения частоты, Δ*t*0 =1 с | | |
| Результат измерения и оценки погрешности | | |
| *f* , Гц | *fx кГц* | Δ*f*Σ, Гц | δ*f*Σ |
| 100 | 0,100 |  |  |

***Указание****.* Время измеренияΔ*t*0в режиме измерения частоты выбирают исходя из противоречивых требований – минимизации погрешности измерения и обеспечения нужного быстродействия. С увеличениемΔ*t*0уменьшается погрешность квантования (дискретности), но может возрасти методическая погрешность, связанная с возможным изменением частоты измеряемого сигнала в процессе эксперимента.

4.5. Рассчитать значения составляющих абсолютной погрешности частотомера Δкв и Δ0 в режиме измерения периода, суммарные абсолютную Δ*Т*Σ и относительную δ*Т*Σ погрешности. Записать эти значения в соответствующие столбцы табл. 5.4. **Сделать вывод о характере изменения погрешности уровня запуска и суммарной погрешности измерения периода с уменьшением частоты (увеличением периода) измеряемого сигнала.**

***Указание.*** Абсолютная погрешность квантования (дискретности) в режиме измерения периода определяется выбранным значением периода меток времени *Т*0 и рассчитывается по формуле

Δкв *=* ± *Т*0.

Составляющая абсолютной погрешности, обусловленная погрешностью внутреннего кварцевого генератора:

Δ0 *=* ± δ0*Тх.*

Значение абсолютной погрешности уровня запуска Δзап взять из табл. 5.4. Суммарная абсолютная погрешность частотомера в режиме измерения периода

Δ*ТΣ* = ± (Δ0 + Δ*кв* + Δзап).

4.6. Рассчитать значения абсолютной Δ*f*Σ и относительной δ*f*Σ погрешностей измерения частоты 100 Гц по результатам эксперимента и записать в табл. 5.5. Сопоставить численные значения относительных суммарных погрешностей частотомера в различных режимах.

**Сделать вывод о целесообразности использования того или иного режима работы частотомера при измерении частотно-временных параметров сигналов в широком диапазоне частот.**

***Указание.*** Частота периодического сигнала и его период связаны между собой обратно пропорциональной зависимостью, поэтому каждую из этих величин можно определить как путем прямых измерений, так и косвенных - по результату измерения другой величины. Выбор того или иного вида измерений и, соответственно, режима работы частотомера проводят путем оценки и сравнения ожидаемых относительных погрешностей прибора в различных режимах его работы.

1. ***Исследование возможности уменьшения***

***погрешности частотомера в режиме умножения периода***

***Указание.***В большинстве электронно-счетных частотомеров предусмотрена возможность измерения не одного, а нескольких (*n*) периодов сигнала. Такой режим работы называют режимом «умножения» периода. Для его реализации частоту входного сигнала с помощью делителей частоты уменьшают в *n* раз (*n* = 1; 10; 100 и т.д.). Из преобразованного сигнала формируют импульс длительностью *nTx*, который и открывает временной селектор. Если показания счетчика разделить на *n*, то приблизительно во столько же раз можно уменьшить влияние погрешностей квантования (дискретности) и уровня запуска на результат измерения периода *Tx*. Платой за такое уменьшение является увеличение времени, затрачиваемого на одно измерение, и, соответственно, уменьшение быстродействия.

5.1. Измерить период *Тх* синусоидального сигнала при различных значениях множителя периода *n*, которые допускает устройство данного частотомера. Установить переключатель **Метки времени** в положение, соответствующее максимальной точности измерения периода. Подать с выхода генератора на вход Б частотомера сигнал, частота которого выбрана из значений 20 - 40 Гц. Записать результаты измерения периода при значениях *n*, которые допускает конструкция используемого частотомера, в соответствующие графы табл. 5.6.

5.2. Записать в табл. 5.6 значения, какие мог бы показать частотомер при других (бóльших) значениях коэффициента *n.*

5.3. Рассчитать и записать в табл. 5.6 значения составляющих абсолютной погрешности частотомера в рассматриваемом режиме:

погрешности опорного генератора

Δ0 = ± δ0*Тх* ,

погрешности квантования (дискретности)

,

погрешности уровня запуска

**

Рассчитать, во сколько раз изменилось значение погрешности уровня запуска при изменении *n*:

**

**Сделать вывод об изменении вклада отдельных составляющих погрешности в суммарную погрешность частотомера с увеличением множителя периода *n*.** Рассчитать время счета *nTx*, затрачиваемое на получение одного результата измерения в таком режиме. **Сделать вывод о том, какими соображениями должен определяться выбор значения *n.***

Таблица 5.6

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *n* | Эксперимент | | | | Расчет | | |
| *Tx* макс, мс | *Tx* мин, мс | *Tx*, мс | Δзап, мс | Δ0, мс | Δкв, мс | *nTx*, с |
| 1 | 32,2401 | 32,2367 |  |  |  |  |  |
| 10 | 32,23913 | 32,23737 |  |  |  |  |  |
| 100 |  |  |  |  |  |  |  |
| 1000 |  |  |  |  |  |  |  |
| 10000 |  |  |  |  |  |  |  |
| 100000 |  |  |  |  |  |  |  |

***Указание.*** Расчетное значение времени счета следует округлить.