

Георгий Сергеевич Касаткин, Николай Николаевич
Липатов, Виктор Васильевич Федотов

ЦИФРОВОЙ ЧАСТОТОМЕР
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ С ЭЛЕМЕНТАМИ УИР
по дисциплине
"ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ"

Редактор	М.М.Тамаровская
Технический редактор	Н.Н.Васильева
Корректор	Т.С.Иванова

Сдано в набор 6/III-84г. .Подписано в печать 6/III-84г.
Формат бумаги 60х90 1/16. Печ.л.1,75уч.-изд.л.1,4
Зак.1213 Тир. 500. Бесплатно.

Типография МИИТа, Москва, ул.Образцова,15.

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Ознакомление с принципом работы цифрового частотомера, его основными техническими характеристиками и областью применения. Приобретение навыков поверки частотомеров и генераторов электрических сигналов.

2. КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

2.1. Принцип действия цифрового частотомера, работающего в режиме измерения частоты

В последнее время в связи с развитием цифровой техники для измерения частоты и длительности синусоидальных и импульсных сигналов широко применяются цифровые частотомеры. Высокая точность этих приборов позволяет использовать их также для поверки аналоговых частотомеров и измерительных генераторов.

Принципиальная схема одного из распространенных цифровых частотомеров ЧЗ-32 изображена на рис.1.

Принцип действия этого прибора, работающего в режиме измерения частоты электрических сигналов, иллюстрируется временными диаграммами на рис.2.

Напряжение U_{fx} (рис.2) измеряемой частоты f_x через "вход А" подается на усилитель-формирователь, а переключатель "род работы" прибора устанавливается в положение "f": Усилитель-формирователь преобразует сигналы измеряемой частоты синусоидальной или другой формы в последовательность коротких импульсов U_x постоянной амплитуды (см.рис.2). Период следования этих импульсов равен периоду следования выходных сигналов $T_x = \frac{1}{f_x}$.

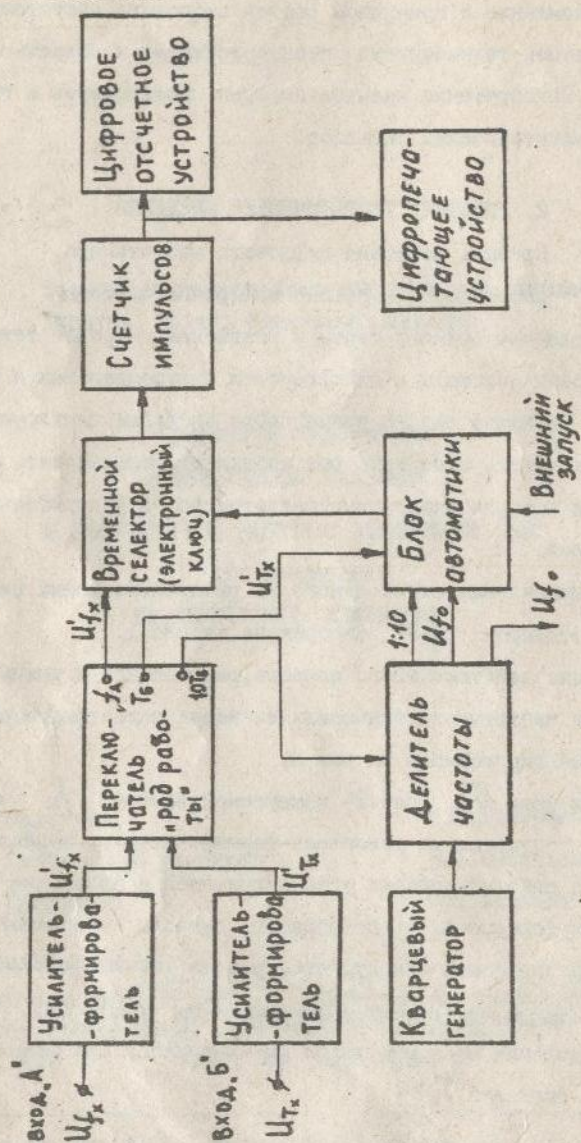


Рис. 1. Блок-схема цифрового частотомера

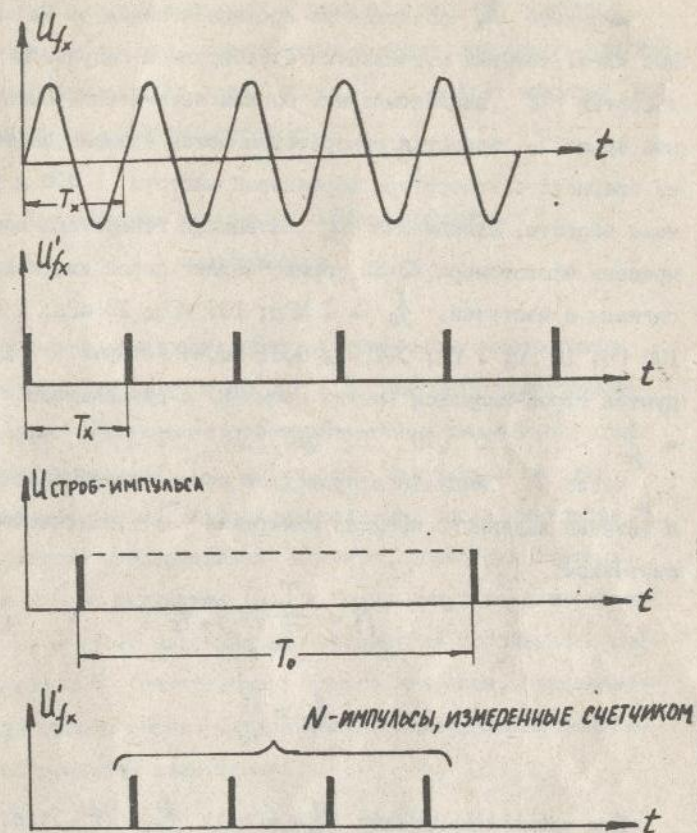


Рис. 2. Диаграммы работы цифрового частотомера в режиме измерения частоты сигналов

Импульсы U_{fx}' подаются на временной селектор (электронный ключ), который открывается стробирующим импульсом длительностью T_0 , вырабатываемым блоком автоматики. Высокоточное время T_0 задаётся генератором меток времени, состоящим из кварцевого генератора образцовой частоты 1 МГц и делителя частоты. Напряжение U_{f_0} на выходе генератора меток времени частотомера ЧЗ-32 представляет собой импульсные сигналы с частотой $f_0 = 1 \text{ МГц}; 100 \text{ кГц}; 10 \text{ кГц}; 1 \text{ кГц}; 100 \text{ Гц}; 10 \text{ Гц}; 1 \text{ Гц}; 0,1 \text{ Гц}; 0,01 \text{ Гц}$, из которых формируются строб-импульсы (метки времени) с длительностью $T_0 = \frac{1}{f_0} = 10^{-6}, 10^{-5}, 10^{-4}, 10^{-3}, 10^{-2}, 10^{-1}, 1, 10, 100 \text{ с}$.

Число N импульсов, прошедшее через временной селектор в течение заданного времени измерения T_0 , подсчитывается счётчиком:

$$N = \frac{T_0}{T_x} = T_0 f_x \quad (1)$$

$$f_x = \frac{N}{T_0} \quad (2)$$

При времени измерения $T_0 = 1 \text{ с}$ $f_x = N$, т.е. количество подсчитанных импульсов и есть значение измеряемой частоты в Гц.

Цифровое отсчётное устройство автоматически выдаёт результат измерения в Гц.

Блок автоматики управляет всем процессом измерения и обеспечивает: регулируемое время индикации (0,3-5 с) результатов измерения на цифровом табло; сброс чётных декад и других схем в "нулевое" состояние перед каждым измерением;

режим ручного, автоматического и внешнего запуска прибора; вырабатывает из частот, поступающих с делителей, строб-импульс, открывающий селектор на время счёта T_0 ; выдаёт импульс на запуск цифропечатающего устройства.

2.2. Погрешности измерения частоты цифровым частотомером

Погрешность измерения, присущая цифровому частотомеру (как и любому цифровому прибору) - погрешность квантования (дискретности). Физически это выражается в том, что в заданном интервале времени T_0 может быть подсчитано на один импульс больше или меньше действительного числа импульсов N , что обусловлено несовпадением моментов появления счётных импульсов U_{fx}' с периодом T_x и строб-импульса длительностью T_0 . Поэтому максимальная абсолютная погрешность счёта импульсов ΔN не превышает одного импульса, определяющего младший разряд счёта. Следовательно, максимальная относительная погрешность квантования

$$\gamma_K = \frac{\Delta N}{N} \cdot 100\% = \frac{1}{N} \cdot 100\% \quad (3)$$

С учетом формулы (1)

$$\gamma_K = \frac{T_x}{T_0} \cdot 100\% = \frac{1}{T_0 f_x} \cdot 100\% \quad (4)$$

Общая относительная погрешность γ_f измерения частоты цифровым частотомером определяется суммой погрешности квантования γ_k и погрешности $\gamma_r = \frac{\Delta T_0}{T_0}$, связанной с возможной нестабильностью выходной частоты (периода) кварцевого генератора, задающей время измерения (время открытия селектора). Так как величина γ_r кварцевого генератора не превышает 10^{-7} , то основная относительная погрешность не должна превышать:

$$\gamma_f = \gamma_k + \gamma_r = \pm \left(\frac{1}{T_0 f_x} + 10^{-7} \right) \cdot 100\% \quad (5)$$

Как следует из формулы (5), с понижением измеряемой частоты f_x погрешности растут, а границы увеличения T_0 имеют пределы. Поэтому на низких частотах измеряют не f_x , а величину, обратную ей - период T_x .

2.3. Принцип действия цифрового частотомера, работающего в режиме измерения периода и длительности сигналов

При измерении периода T_x синусоидального или импульсного сигналов эти сигналы подаются на усилитель-формирователь через "вход Б" прибора, а переключатель "род работы" устанавливают в положение "ТБ" или "Ю ТБ" (см. рис. 1).

Принцип действия прибора в режиме измерения периода сигнала иллюстрируется временными диаграммами на рис. 3.

Входной сигнал U_{Tx} преобразуется усилителем-формирователем в короткие импульсы с постоянной амплитудой и периодом следования T_x . Эти импульсы поступают на блок автоматики, и последний вырабатывает строб-импульс, длительность которого

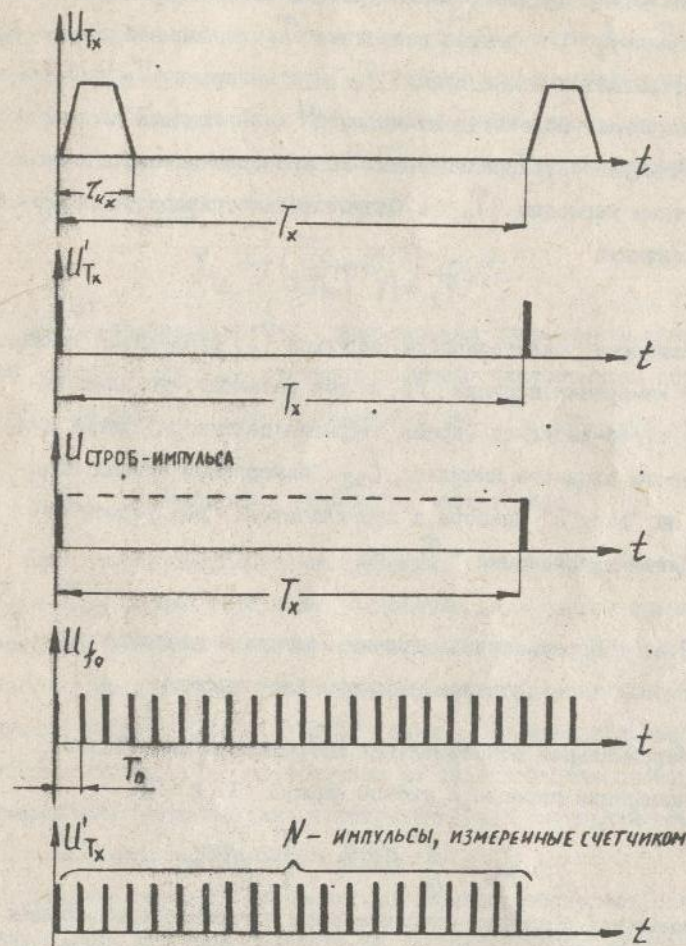


Рис. 3. Диаграммы работы цифрового частотомера в режиме измерения периода сигналов.

равна периоду измеряемого сигнала T_x . Таким образом, в отличие от предыдущего режима работы частотомера (режима измерения f_x), в режиме измерения T_x временной селектор открывается не на время T_0 , а на время T_x . Счётчик импульсов подсчитывает число N прошедших за это время импульсов, вырабатываемых генератором меток, с точно известным периодом T_0 . Следовательно, период исследуемого сигнала

$$T_x = N T_0. \quad (6)$$

Измерение длительности импульса τ_{ux} проводится также, как и измерение периода T_x , с той разницей, что длительность строб-импульса (время открытия селектора) равна длительности входного импульса τ_{ux} . Измеряемый сигнал подаётся на "вход Б" прибора, а переключатель "род работы" переводится в положение " $\tau_{уб}$ ".

2.4. Погрешности измерения периода и длительности сигналов цифровым частотомером

Максимальная относительная погрешность квантования при измерении периода, с учётом формул (3) и (6)

$$\gamma_k = \frac{1}{N} \cdot 100\% = \frac{T_0}{T_x} \cdot 100\%. \quad (7)$$

Максимальная основная относительная погрешность измерения периода T_x сигналов цифровым частотомером не превышает:

$$\gamma_{T_x} = \gamma_k + \gamma_r = \pm \left(\frac{T_0}{T_x} + 10^{-7} \right) \cdot 100\%. \quad (8)$$

Более точное измерение периода производится при установке переключателя "род работы" в положение "10 ТБ". В этом случае сформированный входной сигнал $U_{T_x}^1$ с периодом T_x поступает на делитель частоты, где его период умножается на 10, а затем подаётся на блок автоматики. Длительность строб-импульса в этом случае равна $10 T_x$, а максимальная погрешность γ_{T_x} определяется по формуле

$$\gamma_{T_x} = \pm \left(\frac{T_0}{10 T_x} + 10^{-7} \right) \cdot 100\%. \quad (9)$$

Максимальная основная относительная погрешность измерения длительности τ_{ux} сигналов цифровым частотомером определяется по формуле (8) с заменой в ней T_x на τ_{ux} .

2.5. Применение цифрового частотомера

При помощи цифрового частотомера, кроме измерения f_x , T_x и τ_{ux} , можно определить отношение двух частот, временные интервалы и количество электрических импульсов. Цифровой частотомер предназначен также для выдачи напряжения высокостабильных частот U_{f_0} (в ЧЗ-32 выходы напряжения высокостабильных частот f_0 расположены на задней панели прибора) и кодирования сигналов для регистрации результатов измерений с помощью цифropечатающего устройства.

Высокая точность цифровых частотомеров позволяет, как указывалось выше, использовать их также в качестве образцового прибора для проверки приборов, измеряющих частоту и длительность электрических сигналов. Выходное напряжение высокостабильных частот f_0 цифрового частотомера может быть использовано в качестве сигнала образцовой частоты для

сравнения измеряемой частоты f_x с f_0 .

В данной работе цифровой частотомер используется в качестве образцового прибора при поверке аналогового частотомера для оценки погрешности измерения периода и длительности импульсных сигналов электронным осциллографом и для получения интерференционных фигур (фигур Лиссажу) на экране осциллографа при поверке шкалы измерительного генератора.

2.6. Выбор режима измерения цифрового частотомера с точностью, необходимой для поверки аналогового частотомера

Согласно [2] в качестве образцового прибора при поверке аналогового частотомера может быть использован прибор, погрешность которого γ_f по крайней мере в 3 раза меньше допускаемой погрешности поверяемого частотомера γ_n . Если цифровой частотомер использовать как образцовый прибор, то согласно формуле (5) его погрешность должна удовлетворять условию:

$$\gamma_f = \left(\frac{1}{T_0 f_x} + 10^{-7} \right) \cdot 100\% \leq \frac{1}{3} \gamma_n. \quad (10)$$

При работе на низких частотах (< 1000 Гц) погрешностью кварцевого генератора γ_r цифрового частотомера можно пренебречь, и неравенство (10) примет вид:

$$\frac{100}{T_0 f_x} \leq \frac{1}{3} \gamma_n. \quad (11)$$

Из этого соотношения можно определить минимальное значение времени T_0 ("времени счёта"), при котором неравенство (11) будет выполняться:

$$T_{0min} = \frac{300}{\gamma_n \cdot f_{xk}}, \quad (12)$$

где γ_n - максимальная основная приведённая погрешность аналогового частотомера на поверяемом пределе измерения;

f_{xk} - конечное значение шкалы поверяемого предела аналогового частотомера.

Выбор равного или ближайшего большего по отношению к T_{0min} времени счёта T_0 цифрового частотомера позволяет обеспечить, наряду с требуемой для поверки точностью, минимальное время измерения.

2.7. Выбор режима измерения цифрового частотомера, необходимого для оценки погрешности измерения временных интервалов электронным осциллографом

Погрешность измерения временных интервалов электронными осциллографами γ_{t30} составляет $3 \pm 10\%$. Высокая точность цифрового частотомера позволяет использовать его для оценки погрешности измерения периода T_x и длительности τ_{ux} импульсных сигналов электронным осциллографом. При этом погрешность измерения периода (длительности) этих сигналов цифровым частотомером γ_{Tx} ($\gamma_{\tau_{ux}}$) должна быть в n раз меньше γ_{t30} (целесообразно выбирать $n \geq 5$, как это делается при поверке приборов методом сличения [2]). Следовательно,

с учётом формулы (8), погрешность цифрового частотомера при оценке точности измерения периода T_x электронным осциллографом

$$\gamma_{T_x} = \left(\frac{T_0}{T_x} + 10^{-7} \right) \cdot 100\% \leq \frac{1}{n} \gamma_{t_{30}}. \quad (13)$$

В случае измерения длительности и периодов сигналов, больших $10^{-5} + 10^{-4}$ с, погрешностью γ_r кварцевого генератора частотомера можно пренебречь и записать неравенство (13) в виде:

$$\gamma_{T_x} = \frac{T_0}{T_x} \cdot 100\% \leq \frac{1}{5} \gamma_{t_{30}}. \quad (14)$$

Из этого выражения определяется допустимое максимальное значение периода T_{0max} меток времени кварцевого генератора:

$$T_{0max} = \frac{\gamma_{t_{30}} \cdot T_x}{n \cdot 100} = \frac{\gamma_{t_{30}} \cdot T_x}{500}. \quad (15)$$

При измерении длительности t_{ux} импульса необходимая величина T_{0max} определяется по формуле (15) с заменой в ней T_x на t_{ux} .

2.8. Использование цифрового частотомера в качестве генератора образцовой частоты

Проверка шкалы частот некоторых измерительных генераторов (например, ГЗ-18) выполняется путём сравнения частоты поверяемого генератора с частотой образцового генератора по интерференционным фигурам (фигурам Лиссажу).

Вид получаемых на экране фигур в случае подачи на входы "у" и "х" электронного осциллографа синусоидальных напряжений с различной кратностью частот показан в [1]. Здесь же

приведён порядок их построения.

Выходное напряжение U_{T_0} кварцевого генератора цифрового частотомера, как указывалось выше, представляет собой прямоугольные импульсы с высокостабильным периодом T_0 (частотой f_0) и длительностью t_{uo} . При подаче U_{T_0} на вход "у" осциллографа и синусоидального напряжения U_{fx} поверяемого генератора на вход "х" на экране осциллографа получится устойчивое изображение одного импульса в случае $T_0 = T_x$ ($f_0 = f_x$); двух импульсов при $T_0 = \frac{T_x}{2}$ ($f_0 = 2f_x$); трёх импульсов при $T_0 = \frac{T_x}{3}$ ($f_0 = 3f_x$). Таким образом, получая на экране неподвижное изображение интерференционных фигур, можно по числу импульсов определить кратность $K = \frac{f_x}{f_0}$ частот f_0 и f_x и затем, зная f_0 , определить частоту $f_x = K f_0$.

3. ПРОГРАММА РАБОТЫ

Задание I. Измерение частот электрических сигналов и проверка аналогового частотомера

Подготовка к выполнению работы

Ознакомиться с основными техническими характеристиками и инструкциями по пользованию цифровым и аналоговым частотомерами и измерительным генератором синусоидальных сигналов. Определить на основании выражения (12) минимальное значение времени измерения T_{0min} для заданного преподавателем конечного значения шкалы f_{xk} поверяемого предела аналогового частотомера.

Порядок выполнения работы

Собрать схему (рис.4) и подготовить приборы к работе в соответствии с инструкциями.



Рис.4.Схема проверки аналогового частотомера

Установить заданный проверяемый предел аналогового частотомера и переключатель "метки времени - время счёта S" цифрового частотомера в положение времени счёта, соответствующее ближайшей большей (или равной) вычисленной величине T_{min} .

Снять данные для оценки погрешности проверяемого частотомера. Для этого, плавно изменяя частоту генератора синусоидальных сигналов, записать показания цифрового частотомера f_0 , соответствующие каждому оцифрованному делению f шкалы проверяемого частотомера.

Измерения f_0 следует проводить при возрастании и убывании частоты. Для получения большей достоверности результата измерения целесообразно записывать для каждого значения f не одно, а несколько (3-5) показаний образцового частотомера и определять их среднее значение f_0 .

Рассчитать на основании полученных данных для каждого

оцифрованного деления f проверяемого частотомера:
абсолютную погрешность: $\Delta f' = f - \bar{f}_0'$, $\Delta f'' = f - \bar{f}_0''$;

относительную погрешность:

$$\gamma' = \frac{\Delta f'}{f} \cdot 100\% \quad , \quad \gamma'' = \frac{\Delta f''}{f} \cdot 100\% ;$$

относительную приведённую погрешность:

$$\gamma'_{пр} = \frac{\Delta f'}{f_k} \cdot 100\% \quad , \quad \gamma''_{пр} = \frac{\Delta f''}{f_k} \cdot 100\% ;$$

вариацию:

$$B = \frac{\bar{f}_0' - \bar{f}_0''}{f_k} \cdot 100\% ;$$

поправку:

$$\delta f = - \left(\frac{\Delta f' + \Delta f''}{2} \right)$$

В приведённых формулах надстрочным индексом - один штрих обозначены значения, полученные при возрастании частоты; индексом - два штриха - при убывании частоты.

Полученные данные записать в табл. I.

Таблица I

Данные расчёта погрешностей

Из мер ено			В ы ч и с л е н о									
$f, Гц$	$f_0', Гц$	$f_0'', Гц$	$\bar{f}_0', Гц$	$\bar{f}_0'', Гц$	$\gamma', \%$	$\gamma'', \%$	$\gamma'_{пр}, \%$	$\gamma''_{пр}, \%$	$B, \%$	$\delta f, Гц$		

Построить кривую поправок $\delta f = \varphi(f)$.

Дать заключение о соответствии проверяемого частотомера его классу точности.

Задание 2. Измерение периода и длительности электрических сигналов и оценка погрешности измерения временных интервалов электронным осциллографом

Подготовка к выполнению работы

Ознакомиться с основными техническими характеристиками и инструкциями по пользованию цифровым частотомером, электронным осциллографом и измерительным генератором прямоугольных импульсов.

Определить на основании выражения (15), с учётом заданной величины N допустимые максимальные значения T_{0max} периода меток времени кварцевого генератора, необходимые для измерения частотомером заданных руководителем занятий значений периода T_x и длительности τ_{ux} прямоугольных импульсов.

Порядок выполнения работы

Собрать схему (рис. 5) и подготовить приборы к работе в соответствии с инструкциями.



Рис. 5. Схема измерения периода и длительности электрических сигналов

Установить переключатель "метки времени-время счёта S " в положение длительности меток времени, соответствующее ближайшей меньшей (или равной) вычисленной величине T_{0max} .

Изменяя выходной сигнал генератора прямоугольных импульсов, получить на экране осциллографа два прямоугольных импульса, период $T_{э0}$ и длительность $\tau_{иэ0}$ которых, измеренные с помощью калибратора длительности, равняются заданным величинам.

Измерить цифровым частотомером период T_x и длительность τ_{ux} импульсов. На основании полученных данных оценить погрешность измерения электронным осциллографом периода и длительности импульсных сигналов:

$$\gamma_{T_{э0}} = \frac{T_{э0} - T_x}{T_{э0}} \cdot 100\%,$$

$$\gamma_{\tau_{иэ0}} = \frac{\tau_{иэ0} - \tau_{ux}}{\tau_{иэ0}} \cdot 100\%.$$

Результаты измерений и подсчётов свести в табл. 2.

Таблица 2

Результаты опыта и расчёта

$T_{э0}, \text{с}$	$\tau_{иэ0}, \text{с}$	$T_x, \text{с}$	$\tau_{ux}, \text{с}$	$\gamma_T, \%$	$\gamma_{\tau}, \%$
--------------------	------------------------	-----------------	-----------------------	----------------	---------------------

978,9 · 10⁻³

Сделать вывод о точности измерения временных параметров сигналов электронным осциллографом.

4. УЧЕБНО - ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА

Оценка погрешности градуировки шкалы частот генератора синусоидальных сигналов

Постановка задачи

В процессе эксплуатации измерительных генераторов точность установки их частот по разным причинам может нарушиться, что приведёт к увеличению погрешностей измерительных цепей, в которых они используются.

Целью данной учебно-исследовательской работы является проверка градуировки шкалы низкочастотного измерительного генератора синусоидальных сигналов ГЗ-18.

Такая проверка проводится методом сличения частоты поверяемого генератора с частотой образцового генератора по интерференционным фигурам (фигурам Лиссажу). Проверка производится на всех оцифрованных точках шкалы. Погрешность образцового генератора должна быть по крайней мере в 3 раза меньше, чем генератора ГЗ-18. В качестве образцового генератора может быть использован генератор меток времени цифрового частотомера ЧЗ-32, частоты f_0 выходных импульсных сигналов которого отличаются высокой стабильностью.

Программа работы

1. Ознакомиться с основными техническими характеристиками и инструкциями по пользованию цифровым частотомером, электронным осциллографом и измерительным генератором синусоидальных сигналов.

2. Провести графическое построение интерференционной фигуры (фигуры Лиссажу), которая должна получиться на экране

осциллографа при подаче на вход "у" прямоугольных однополярных импульсов, а на вход "х" - синусоидального напряжения. Длительность импульсов $\tau_{ц}$, их период $T_{ц}$ и частота f синусоидального сигнала задаются руководителем занятий.

3. Собрать схему (рис.6) и подготовить приборы к работе в соответствии с инструкциями. Выходные клеммы напряжения частот кварцевого генератора частотомера расположены на его задней панели.



Рис.6. Схема проверки шкалы частот генератора синусоидальных сигналов

4. Устанавливать по шкале частот поверяемого генератора частоты f_r и, вращая ручку "Расстройка Гц", получить на экране осциллографа устойчивую интерференционную фигуру (фигуру Лиссажу). Для каждой частоты f_r определить кратность $K = \frac{f_0}{f_r}$ частот f_r генератора и f_0 цифрового частотомера (частота f_0 не должна превышать f_r больше, чем в 3 раза).

5. Отсчитать по лимбу "Расстройка Гц" фактическую абсолютную погрешность установки частоты Δf_{ϕ} и сравнить её с погрешностью Δf_r , приведённой в технической характеристике поверяемого генератора (для генератора ГЗ-18 $\Delta f_r = \pm (0,01 f_r + 2 \text{ Гц})$).

6. Определить величину поправки δf_{ϕ} в поверяемой точке f_r шкалы генератора.

7. Полученные результаты записать в табл.3.

Таблица 3

Результаты опыта и расчёта

$f_r, \text{ Гц}$	$f_0, \text{ Гц}$	$\Delta f_{\phi}, \text{ Гц}$	$\delta f_{\phi}, \text{ Гц}$	$\Delta f_r, \text{ Гц}$	$K = \frac{f_0}{f_r}$	Вид фигуры Лиссажу

8. Сделать вывод о точности градуировки шкалы частот поверяемого генератора.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каков принцип действия цифрового частотомера, работающего в режиме измерения частоты, и какие погрешности измерения в этом режиме?

2. Каков принцип действия цифрового частотомера, работающего в режиме измерения периода и длительности сигналов, и какие погрешности измерения в этом режиме?

3. Каким образом выбирается время счёта T_0 цифрового частотомера, необходимое для проверки аналогового частотомера?

4. Каким образом выбирается режим измерения цифрового частотомера, необходимый для оценки погрешности измерения временных интервалов электронным осциллографом?

5. Какова область применения цифрового частотомера?

ЛИТЕРАТУРА

1. Касаткин Г.С., Нечипоренко В.И. Основные методы измерения частоты. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине "Электрические измерения". МИИТ, 1979. Ч.1.

2. Атамаян Э.Г. Приборы и методы измерения электрических величин. - М.: Высшая школа, 1982.

Приложение I
ЦИФРОВОЙ ЧАСТОТОМЕР ЧЗ-32

Технические характеристики прибора

1. Диапазон измерения частоты:
синусоидальных сигналов $10 \text{ Гц} \div 3,5 \text{ МГц}$ при напряжении от 0,1 до 100 В;
импульсных сигналов $10 \text{ Гц} \div 3,5 \text{ МГц}$ при крутизне фронта не менее 0,25 В/мс, длительности импульса не менее 0,16 мкс, скважности не менее 2 и диапазоне амплитуд от 0,3 до 100 В.
2. Диапазон измерения периода:
синусоидальных сигналов $10^{-5} \text{ с} + 10^{-1} \text{ с}$ при величине напряжения от 0,5 до 100 В;
импульсных сигналов любой полярности $10^{-5} \text{ с} + 10^2 \text{ с}$ при амплитуде от 0,5 до 100 В и длительности не менее 0,25 мкс.
3. Диапазон измерения длительности импульсов любой полярности $10 \text{ мкс} + 10 \text{ мс}$ при амплитуде от 0,5 до 100 В.
4. Частоты выходного напряжения генератора меток времени: 10 Гц, 100 Гц, 1 кГц, 10 кГц, 100 кГц, 1 МГц при амплитуде не менее 1 В.
5. Входное сопротивление частотомера не менее 50 кОм при параллельной ёмкости 50 пФ.
6. Основная относительная погрешность установки частоты кварцевого генератора $\pm 1 \cdot 10^{-7}$ за час или $\pm 6 \cdot 10^{-7}$ за час.

Подготовка прибора к работе

1. Включить тумблер "сеть", при этом зажигается сигнальная лампочка и лампы индикаторного табло.
2. Установить тумблер опорного генератора в положение "внутр".
3. Дать прибору прогреться в течение 0,5 часа, после прогрева лампа индикации работы термостата "термостат" периодически меняет яркость свечения.

Порядок измерений

а) измерение частоты

1. Подсоединить к гнезду "вход А" кабель с делителем 1:100.
2. Подключить входной кабель к источнику измеряемой частоты.
3. Установить переключатель "род работы" в положение " fA ", тумблер "внешн. АВТ" - в положение " АВТ".
4. Установить переключатель "метки времени - время счёта S " в положение необходимого времени счёта.
5. Отсчитать значение измеряемой частоты на индикаторном табло.

б) измерение периода импульсных сигналов

1. Установить переключатель "род работы" в положение "ТБ" или "10 ТБ".
2. Установить переключатель сигнала по "входу Б" в положение " $\square$ " или " $\sqcup$ " в зависимости от полярности измеряемого сигнала.
3. Установить переключатель "метки времени - время счёта

та S " в положение необходимой длительности меток времени.

4. Установить тумблер "Внешн. АВТ " в положение "АВТ ".

5. Подать исследуемый сигнал через кабель с делителем 1:100 на "вход Б" прибора.

в) измерение длительности импульсных сигналов

1. Установить переключатель "род работы" в положение " $\tau_{иБ}$ ".

2. Установить переключатель сигнала по "входу Б " в положение " $\perp$ " или " $\sqcup$ " в зависимости от полярности измеряемого сигнала.

3. Установить переключатель "метки времени-время счёта S " в положение необходимой длительности меток времени.

4. Установить тумблер "Внешн. АВТ " в положение "АВТ ".

5. Подать исследуемый сигнал через кабель с делителем 1:100 на "вход Б" прибора.

г) работа прибора в качестве источника

кварцованных частот

Подключить кабель к гнезду "Стандартные частоты" с одной из требуемых частотой 10 Гц, 100 Гц, 1 кГц, 10 кГц, 100 кГц, 1 МГц.

Гнёзда расположены на задней панели прибора.

Приложение 2

АНАЛОГОВЫЙ КОНДЕНСАТОРНЫЙ ЧАСТОТОМЕР Ф 433/3

Технические характеристики прибора

1. Пределы измерения: 0,1; 0,3; 1; 3; 10; 30; 100; 300; 500; 1000 кГц.

2. Основная погрешность измерения частоты для частот до 300 кГц не более 1,5%, свыше 300 кГц - не более 6%.

3. Диапазон напряжений измеряемых частот - 0,1-300 В.

4. Входное сопротивление прибора на частоте 1000 Гц не менее 50 кОм (клемма "0,1-10 В") и 2000 кОм (клемма "3 - 300 В"), а входная ёмкость не более 50 пФ.

Подготовка прибора к работе

1. Нажать поочерёдно кнопки "Б1" и "Б2". Стрелка прибора должна показывать не менее 7,4 делений по шкале "10". В случае несоблюдения этого условия необходимо заменить встроенные в корпус прибора батареи или перейти на внешнее питание.

2. Нажать кнопку "К" и ручкой калибровки установить стрелку на конечные отметки шкал.

Порядок измерений

1. Подключить к зажимам прибора соединительные провода от источника измеряемой частоты. Зажим " $\perp$ " прибора должен быть соединён с соответствующей клеммой источника измеряемого напряжения.

2. Установить переключатель пределов измерения в положение, соответствующее номинальному значению измеряемой частоты.

3. Нажать кнопку "КНЗ" и произвести измерение частоты.

4. По окончании измерений следует нажать на кнопку "Выкл".