

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**к лабораторной работе Р. 1Б**

**ИЗМЕРЕНИЕ ЧАСТОТНЫХ И ВРЕМЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ  
СИГНАЛОВ ЦИФРОВЫМ ЧАСТОТОМЕРОМ**

**для студентов радиотехнических специальностей**

УДК 621.317.39 (075)  
Методические указания к лабораторной работе Р1Б "Измерение частотных и временных параметров сигналов цифровым частотомером" для студентов радиотехнических специальностей/ Сост. В.С.Реуцкий, С.В.Дьяков. - М.: БГУИР, 1995 - 21 с.

Методические указания к лабораторной работе Р1Б "Измерение частотных и временных параметров сигналов цифровым частотомером" предназначены для практического изучения студентами цифровых методов измерения частоты и времени. В методических указаниях приводятся цель работы, краткие сведения из теории, описания лабораторных схемат и приборов, лабораторное и домашнее задания и рекомендации по их выполнению, указания по оформлению отчета, контрольные вопросы, список рекомендованной литературы. В работе рассмотрены методики измерения частоты и времени и использования соответствующих измерительных приборов. Предусматривается оценка точности полученных результатов.

Ил. 7, табл. 5, список лит. - 5 назв.  
Составители: В.С.Реуцкий,  
С.В.Дьяков

© Составление: В.С.Реуцкий,  
С.В.Дьяков, 1995

## 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

- 1.1. Изучение цифровых методов измерения частоты и периода электрических сигналов.
- 1.2. Изучение цифровых методов измерения длительности импульса и отношения частот.
- 1.3. Изучение частотомера ЧЗ-63 и приобретение практических навыков работы с ним.

## 2. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРИИ

Основными частотно-временными параметрами электрических сигналов являются период- $T$ , частота- $f$ , длительность импульса- $t$ .

Период-наименьший интервал времени, через который повторяются мгновенные значения сигнала  $U(t)=U(t+T)$ , для любого произвольного момента времени  $t$ .

Частота - определяется как число идентичных событий (например периодов) в единицу времени, т.е. это величина, обратная периоду  $f=1/T$ .

Длительность импульса - интервал времени, в течение которого мгновенные значения импульсного сигнала не превышают уровень 0,5 от амплитудного значения.

Кроме перечисленных параметров, импульсные сигналы иногда характеризуются скважностью, которая определяется отношением  $Q=T/t$ .

Приборы для измерения частоты и времени образуют подгруппу Ч, а для измерения только интервалов времени - подгруппу И. Достаточно подробная классификация методов измерения частоты и времени дана, например, в [1,2 и др.]. В рамках данной работы изучается лишь наиболее распространенный метод - электронно-счетный или цифровой. Приборы, реализующие этот метод (вид ЧЗ), имеют весьма высокую точность и при этом компактны, надежны, технологичны и просты в управлении. Благодаря тому, что при измерении различных частотно-временных параметров этим методом требуются однотипные электронные блоки, приборы ЧЗ универсальны и обычно позволяют измерить несколько величин. Цифровые частотомеры, как правило, весьма широкополосны. Их частотный диапазон "звезд" ограничен лишь быстродействием элементной базы.

Принцип действия цифрового частотомера основан на определении частоты, приведенном ранее. Структурная схема, реализующая этот принцип, приведена на рис.1, а временные диаграммы, поясняющие ее

работу, на рис.2.

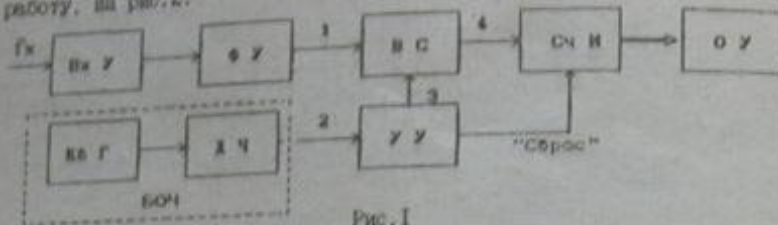


Рис.1

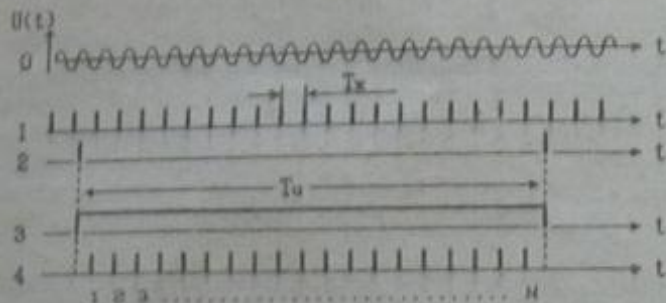


Рис.2

Сигнал  $U(t)$ , частота которого измеряется, подается через входное устройство (ВхУ) на формирующее устройство (ФУ), где преобразуется в импульсы (эпюра 1, рис.2) с той же частотой. Амплитуда этих импульсов не зависит от амплитуды и формы входного сигнала.

В блоке опорной частоты (БЧЧ) формируется сигнал с периодом, равным единице времени и соответствующим времени измерения  $T_m$  (эпюра 2). В связи с тем, что  $T_m$  является мерой времени, от его точности и стабильности будет зависеть точность измерений. Поэтому БЧЧ состоит из высокостабильного кварцевого генератора (КвГ) и системы делителей частоты (ДЧ).

Устройство управления (УУ) формирует из сигнала БЧЧ импульсы длительностью  $T_n$  (эпюра 3), которым открывается временной селектор (ВС). ВС представляет собой электронный ключ, при открытии которого на счетчик импульсов (СчИ) поступают импульсы от ФУ (эпюра 4). Так или перед измерением СчИ устанавливается в "нуль", то по окончании интервала  $T_m$  на него поступит  $N$  импульсов, где

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

Следовательно,  $N$  прямо пропорционально  $f_x$ . Например, при  $T_m = 1$  с,  $N = 1$  будет соответствовать частоте в Гц. Состояние СчИ индиферентно в десятичной форме отсчетов устройством (ОУ). Емкость счетчика ограничивает максимально измеряемое значение частоты, т.е. определяет предел измерения. Изменить его можно установкой  $T_m = 10^n$  сек, где  $n = -2, -1, 0, +1, +2, \dots$ . При этом правильный отсчет обеспечится путем переноса десятичной точки на табло ОУ, что эквивалентно умножению или делению на 10. Схема это реализуется изменением коэффициента деления ДЧ в БЧЧ.

Источниками погрешности являются нестабильность частоты КвГ и погрешность дискретности. Погрешность дискретности обуславливается тем, что счетчик считает лишь целое число импульсов, и поэтому равенство (1) справедливо с точностью до целого. Максимальная абсолютная погрешность при этом не превышает одного импульса. Относительная  $1/N$ . Результирующая относительная погрешность

$$\delta_r = \pm (\delta_o + \frac{1}{N}) = \pm (\delta_o + \frac{1}{T_m f_x}) \quad (2)$$

где  $\delta_o$  — относительная нестабильность частоты КвГ.

Как следует из формулы (2), с увеличением  $f_x$  погрешность дискретности стремится к нулю. Поэтому при измерении высоких частот преобладает первая составляющая погрешности, а при низких — вторая. Кроме того, видно, что одним из способов уменьшения погрешности измерения низких и инфранизких частот является увеличение времени измерения  $T_m$ . Однако при  $T_m > 1$  с оператор вынужден длительное время ожидать результат, что создает неудобство в работе. К другим способам уменьшения погрешности дискретности относится умножение частоты входного сигнала и применение электронного конуса (зеркальный способ). Первый из этих способов технически трудно реализуем на низких частотах, а второй широко используется разработчиками частотомеров. Наиболее часто на практике используют переход от измерения частоты к измерению периода.

Действительно, из формулы (1) видно, что количество импульсов поступивших на счетчик, прямо пропорционально времени открытия селектора. Поэтому, открывая ВС на время измеряемого периода  $T_x$  и используя для счета импульсы известной частоты  $f_o$ , получим  $N$ , соответствующее неизвестному периоду. Этот алгоритм реализуется структурной схемой рис.3, а ее работа поясняется временными диаграммами (рис.4).

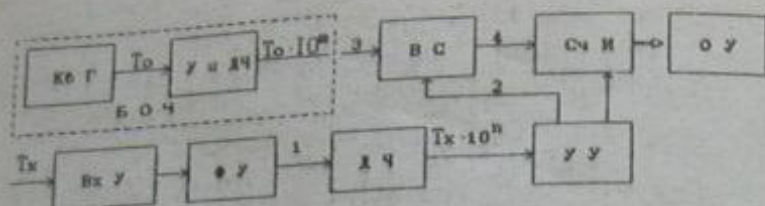


Рис. 3

Сигнал  $U(t)$  с периодом  $T_x$  преобразуется в импульсы с тем же периодом в ФУ (эпюра 1) и поступает на ДЧ с коэффициентом деления  $10^p$  ( $p=0,1,2,\dots$ ), который выбирается оператором (временные диаграммы изображены для  $p=0$ ). В УУ формируется импульс (эпюра 2), открывающий на время  $T_x \cdot 10^p$  селектор. В БОЧ вырабатываются импульсы с периодом  $T_0$ , которые через систему делителей и умножителей частоты (УиДЧ) с коэффициентом преобразования  $10^m$  ( $m=1,0,1,2,\dots$ ) (эпюра 3) поступают через ВС на СЧИ (эпюра 4).

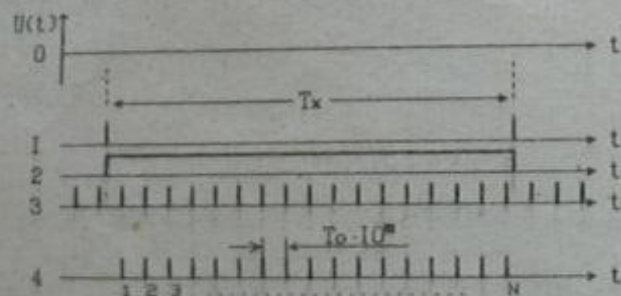


Рис. 4

Их количество

$$N_T = \frac{T_x \cdot 10^p}{T_0 \cdot 10^m} = T_x \cdot 10^{p-m} \cdot f_0 \quad (3)$$

пропорционально измеряемому периоду. При  $f_0 = 10 \text{ МГц}$   $N_T$  с коэффициентом  $10^{p-m-7}$  равно периоду в секундах. Отсчет в мс или мкс получается переводом десятичной точки в ОУ.

Источники погрешности аналогичны измерению частоты. На низких частотах ( $T$ , достаточно велик) погрешность дискретности стремится к "нулю" и доминирует погрешность из-за нестабильности периода  $T_0$ . На высоких же частотах ( $T$ , мало)  $\Delta_0$  становится пренебрежимо малой. Поэтому повысить точность измерения можно уменьшением периода  $T_0$

( $m=1$ ) или измерением не одного, а  $n$  периодов сигнала ( $p=0$ ) с последующим усреднением. Кроме того, уменьшить погрешность дискретности можно применением электронного волюса.

Измерение длительности импульса практически аналогично измерению периода (обе величины являются временными интервалами). Однако из схемы рис. 3 следует исключить ДЧ, т.к. при  $p=0$  сигнал после ДЧ будет иметь длительность, не связанную с измеряемой. Количество счетных импульсов, поступивших на счетчик, при этом будет

$$N_T = \frac{T_x}{T_0 \cdot 10^m} = \tau_x \cdot f_0 \cdot 10^{-m} \quad (4)$$

Источники погрешности оцениваются аналогично измерению периода. Однако при этом следует отметить, что при длительности фронта и среза измеряемого импульса сравнимых с  $T_0$ , появится дополнительная погрешность.

Для измерения отношения частот можно использовать схему рис. 1 с небольшими изменениями. Действительно, если в точку 1 схемы подать импульсы с более высокой частотой  $f_1$ , а в точку 2 с более низкой  $f_2$ , то, как это следует из формулы (1), количество импульсов, поступивших на СЧИ, будет

$$N = \frac{T_2}{T_1} = \frac{f_1}{f_2} \quad (5)$$

То есть  $N$  равно отношению частот.

### 3. ПРИБОРЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТЫ

- 3.1. Частотомер электронно-счетный ЧЗ-63 или ЧЗ-63/1.
- 3.2. Лабораторный макет.

### 4. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО МАКЕТА

Лабораторный макет предназначен для формирования импульсных ТТЛ сигналов. Внешний вид макета приведен на рис. 5. Макет имеет два выхода "ВЫХ.0" и "ВЫХ.1", переключатели "ВАРИАНТ", "НОМЕР ТОЧКИ", "РЕЖИМ", выключатель сети и индикатор выключения сети "СЕТЬ".

Переключатель "ВАРИАНТ" предназначен для установки варианта задания в соответствии с номером бригады. Переключатель "НОМЕР ТОЧКИ" имеет 4 положения и предназначен для выбора объекта измерения. С помощью переключателя "РЕЖИМ" выбирается вид измеряемой величины. Первое положение "f, T" соответствует измерению частоты и

периода, второе "Г, Т, Q" - измерению длительности импульсов и косвенным измерением связности, третье "fo/f1" - режиму измерения отношения частот. Основным рабочим выходом макета является выход "Вых.1", на котором присутствует выходной сигнал во всех режимах работы макета. Выход "Вых.0" предназначен только при измерении относительной частоты. При этом между выходами макета включен цифровой делитель частоты. Более высокая частота на "Вых.0".

Питание макета включается тумблером "СЕТЬ".

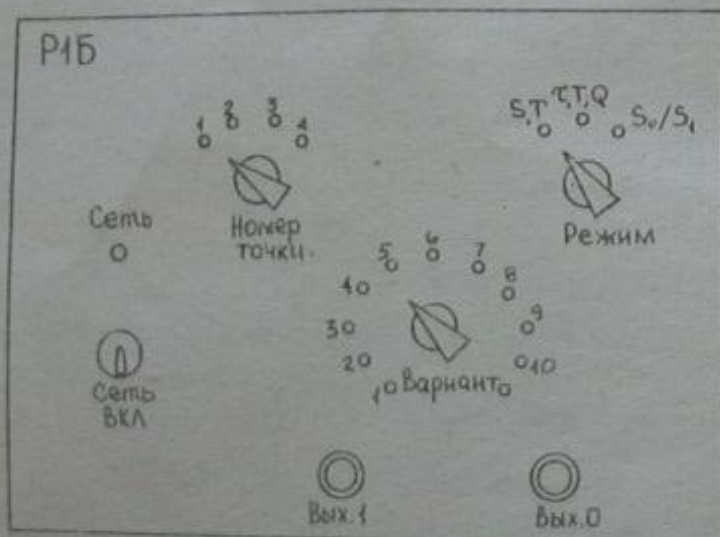


Рис. 5

### 5. Подготовка к выполнению работы

5.1. По рекомендательной литературе и настоящим методическим указаниям изучить принцип действия электронно-счетного частотомера и его работу в режимах измерения различных параметров.

5.2. По приложению I настоящих МУ изучить частотомер ЧЗ-63 (ЧЗ-63/1), его технические характеристики, проведение измерений с его помощью и оценку инструментальной погрешности.

5.3. Сделать заготовку отчета (одну на бригаду) в соответствии с требованиями раздела "Содержание отчета" настоящих МУ и лабораторным заданием.

5.4. Ответить на контрольные вопросы.

5.5. Внести формулы для оценки абсолютной и относительной погрешностей косвенных измерений связности.

### 6. Лабораторное задание

6.1. Измерить частоты и периоды электрических сигналов.

6.2. Проанализировать влияние режимов работы частотомера и значений измеряемых частот и периодов на погрешность измерения.

6.3. Измерить длительности, периоды следования импульсов и определить их связность.

6.4. Измерить отношения частот.

### 7. Порядок выполнения работы

7.1. Выполнить измерения в соответствии с п.6.1 лабораторного задания. Измерения проводить в следующей последовательности.

7.1.1. Подготовить к работе частотомер ЧЗ-63 в соответствии с прил. I настоящих МУ.

7.1.2. Установить переключатели макета "ВАРИАНТ" в положение номера бригады, "РЕЖИМ" - в положение "Г, Т", "НОМЕР ТОЧКИ" - в положение 1 и выключить макет.

7.1.3. Измерить частоты сигналов  $f_x$  на выходе "Вых.1" макета для всех четырех точек с помощью ЧЗ-63 (п.5.2 прил. I). Результаты измерений внести в табл. I, зафиксировав в ней время измерения.

7.1.4. Повторить измерения  $f_x$ , увеличив время измерения в 10 раз. Результаты также внести в табл. I. Оценить инструментальную погрешность измерений в абсолютной и относительной форме.

Таблица I

№ точки	Т <sub>к</sub> = 0,1 с			Т <sub>к</sub> = 0,2 с		
	f <sub>x</sub> , кГц	Δf, %	Δf, кГц	f <sub>x</sub> , кГц	Δf, %	Δf, кГц
1						
2						
3						
4						

7.1.5. Измерить периоды тех же сигналов  $T_x$  для всех точек с помощью частотомера ЧЗ-63 (п.5.3 прил. I). Измерения проводить для одного периода с одинаковым периодом меток времени для всех точек. Результаты занести в табл.2, зафиксировав в ней период меток времени  $T_0$ .

Таблица 2

№ точки	$T_0 =$ мкс, $n=1$			$T_0 =$ мкс, $n=1$		
	$T_0$ , мкс	От. %	$\Delta T$ , мкс	$T_0$ , мкс	От. %	$\Delta T$ , мкс
1						
2						
3						
4						
№ точки	$T_0 =$ мкс, $n=10$			$T_0 =$ мкс, $n=10$		
	$T_0$ , мкс	От. %	$\Delta T$ , мкс	$T_0$ , мкс	От. %	$\Delta T$ , мкс
1						
2						
3						
4						

7.1.6. Повторить измерения по п.7.1.5, увеличив период меток времени в 10 раз.

7.1.7. Повторить измерения по п.7.1.5 и 7.1.6, измерив 10 периодов  $T_x$  (масштаб  $10^1$ ). Результаты измерений занести в табл.2.

7.1.8. Оценить инструментальные погрешности измерений для всех режимов измерений  $T_x$ .

7.2. Проанализировать результаты, полученные в п.7.1.

7.2.1. Проследить влияние значения измеряемой частоты на инструментальную составляющую погрешности при различном времени измерения.

7.2.2. Выявить зависимость значения измеряемого периода на инструментальную составляющую погрешности при различном периоде меток времени и при различном количестве измеряемых периодов.

7.2.3. Сравнить погрешности измерения частоты и периода одного и того же сигнала. Сделать выводы. Результаты анализа включить в отчет.

7.3. Выполнить измерения в соответствии с п.6.3 лабораторного задания. Измерения проводить в следующей последовательности.

7.3.1. Установить переключатели макета "ТЕМЕР ТУЧКИ" в положение 1, "РЕЖИМ" - в положение "Т, 1, 0".

7.3.2. Измерить период сигнала  $T$  с точностью до 5-ти значащих цифр и оценить погрешность измерения.

7.3.3. Измерить длительность импульса  $t_x$  для всех четырех точек (п.5.4 прил. I) и оценить инструментальную составляющую погрешности измерения в абсолютной и относительной форме. Резуль-

таты занести в табл.3.

7.3.4. Определить связность импульсов  $Q_x$  и оценить погрешности их измерения в форме абсолютной и относительной как погрешности косвенных измерений с однократными наблюдениями. Результаты занести в табл.3.

Таблица 3

№ точки	$T_x =$ мкс, $Q_x =$		%, $\Delta T_x =$ мкс		$\Delta Q_x$
	$T_x$ , мкс	От. %	$\Delta T_x$ , мкс	От. %	
1					
2					
3					
4					

7.4. Выполнить измерения в соответствии с п.6.4 лабораторного задания. Измерения проводить в следующей последовательности.

7.4.1. Установить переключатель "РЕЖИМ" макета в положение " $f_0/f_1$ ".

7.4.2. Измерить отношение частот в первой точке, руководствуясь п.5.5 прил. I. Результат измерения занести в табл.4, указав положение переключателя "Множ" частотомера.

7.4.3. Повторить измерения для остальных точек.

7.4.3. Оценить инструментальные погрешности измерений.

Таблица 4

№ точки	P =			
	1	2	3	4
$f_0/f_1$				
0				

7.5. Согласовать с преподавателем результаты экспериментов и в случае отсутствия замечаний отключить от сети прибор и макет. Приступить к оформлению отчета.

## 8. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

8.1. Отчет должен содержать формулировку цели работы, лабораторное задание, основные технические характеристики частотомера во форме табл.5, упрощенную структурную схему прибора, основные расчетные формулы, результаты расчетов и экспериментов, оценку погрешностей и выводы по каждому пункту задания.

Таблица 5

Наименование прибора	Тип	Заводской номер	Основные технические характеристики
Частотомер электронно-счетный	ЧЗ-63 (ЧЗ-63-1)		

8.2. В графу "Основные технические характеристики" следует вложить информацию, необходимую для выполнения работ, проведения расчетов, оценки погрешностей и выводов.

8.3. Результаты измерений и расчетов следует приводить в виде таблиц, рекомендованных в настоящих методических указаниях.

8.4. Отчет должен соответствовать системе стандартов ВКД.

#### 9. Контрольные вопросы

1. Перечислите основные методы измерения частотных и временных параметров сигналов.

2. В чем суть электронно-счетного метода измерения частоты, периода, длительности импульса, отношения частот?

3. Перечислите основные источники погрешностей измерения частоты, периода, длительности импульса и отношения частот цифровым методом. По каким формулам можно оценить каждую из составляющих погрешности этих величин?

4. Как в зависимости от значения измеряемого параметра и режимов работы частотомера изменяются составляющие погрешностей?

5. Какие существуют способы повышения точности измерения частоты и периода ВЧ- и НЧ-сигналов? В чем суть каждого способа?

6. Как оцениваются погрешности косвенных измерений с однократными наблюдениями?

#### 10. Литература

1. Елизаров А.С. Электрорадиоизмерения. - М.: Высшая школа, 1986. - 320 с.
2. Измерения в электронике: Справочник / Под ред. В.А. Кузнецова. - М.: Энергоатомиздат, 1987. - 512 с.
3. Мирский Г.Я. Электронные измерения: 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Радио и связь, 1986. - 440 с.
4. Частотомер электронно-счетный ЧЗ-63. Техническое описание и инструкция по эксплуатации.

#### ПРИЛОЖЕНИЕ 1.

##### Частотомер электронно-счетный ЧЗ-63

###### 1. НАЗНАЧЕНИЕ

Частотомер электронно-счетный ЧЗ-63 предназначен для измерения частоты синусоидальных и частот следования импульсных сигналов; измерения периода синусоидальных и периода следования импульсных сигналов; измерения длительности импульсов; измерения отношения частот электрических сигналов;

счета числа электрических сигналов; выдачи сигналов опорной частоты; выдачи информации о результатах измерения на регистрирующее устройство.

#### 2. ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

2.1. Область измеряемых частот по входу А в диапазоне от 0,1 Гц до 200 МГц при напряжении входного сигнала до 10 В.

2.2. Относительная погрешность измерения частоты  $\delta_f$  не превышает значений

$$\delta_f = \pm (\delta_0 + \frac{1}{f_x \cdot T_x}),$$

где  $\delta_0$  - относительная нестабильность частоты опорного генератора;  $f_x$  - измеряемая частота в Гц;

$T_x$  - время счета (время измерения) в секундах.

2.3. Относительная нестабильность частоты не более  $5 \cdot 10^{-8}$  за истечение времени установления 2 часа. Время готовности с относительной нестабильностью частоты  $\pm 5 \cdot 10^{-8}$  не превышает 1 мин в нормальных условиях.

2.4. Область измеряемых единичных и усредняемых периодов по входу Б в диапазоне от 0,1 мкс до  $10^4$  с ( $10$  мГц...  $10^{-4}$  Гц) при напряжении входного сигнала до 10 В.

Число усредняемых периодов (множитель периода)  $10$ ,  $10^2$ ,  $10^3$ ,  $10^4$ . Период тактовой частоты (метки времени)  $10^{-7}$ ,  $10^{-6}$ ,  $10^{-5}$ ,  $10^{-4}$  с.

2.5. Относительная погрешность измерения периодов импульсных сигналов  $\delta_T$  длительности фронта не более половины периода  $T_0$  сигнала тактовой частоты не превышает значений

$$\delta_T = \pm (\delta_0 + \frac{T_0}{n \cdot T_x}),$$

где  $T_x$  - измеряемый период;

$n$  - число усредняемых периодов (множитель периода);

2.6. Частотомер измеряет длительность импульсов любой полярности по входу Б от 0,1 мкс до  $10^4$  с при частоте следования не более 5 МГц и входном напряжении до 10 В.

2.7. Относительная погрешность измерения длительности импульсов  $\delta_t$  при суммарной длительности фронта и среза не более половины периода  $T_0$  сигнала тактовой частоты не превышает значений

$$\delta_t = \pm (\delta_0 + \frac{T_0}{t}),$$

где  $t$  - длительность измеряемого импульса.

2.8. Частотомер измеряет отношение частот сигналов, заданных

на входы А (высшая из частот) и Б (низшая). Диапазон частот при этом: высшей - 0,1Гц...200МГц, низшей - 0,01Гц...10МГц.

2.9. Погрешность измерения отношения частот импульсных сигналов не превышает значений

$$\Delta f_n / f_n = \pm \frac{f_n}{n \cdot T_n}$$

где  $f_n$  и  $f_n$  - низшая и высшая из частот;

$n$  - множитель периода сигнала низшей частоты (вход Б).

2.10. Частотомер измеряет частоту собственных опорных сигналов (в режиме самоконтроля) 1, 10, 100кГц, 1, 10МГц с целью проверки работоспособности.

2.11. Частотомер обеспечивает непосредственный отчет результата в цифровой форме с гашением незначащих нулей, индикацией единицы измерения, децимальной точки и переполнения цифрового табло.

В режиме работы "с памятью" прибор обеспечивает хранение результата на время следующего цикла измерения, а в режиме "суммирования" индицирует набор информации во время измерения.

2.12. При автоматическом запуске обеспечивается возможность плавной регулировки времени индикации 0,1...5,0с. Время счета при измерении частоты по входу А 1, 10, 10<sup>2</sup>, 10<sup>3</sup>, 10<sup>4</sup>мс. Время счета при измерении периода определяется, как  $n \cdot T_n$ .

2.13. Прибор имеет автоматический, ручной и внешний запуск, а также возможность программного дистанционного управления.

2.14. Входное сопротивление и входная емкость 1Мом и 50 пф по входам А и Б (вход В в работе не используется). Имеется возможность установки входного сопротивления по входу А - 50 Ом.

2.15. Прибор допускает непрерывную работу в рабочих условиях не менее 16 часов.

### 3. ПРИНЦИП РАБОТЫ И УСТРОЙСТВО ПРИБОРА

#### 3.1. Принцип действия

Принцип действия частотомера электронно-счетного основан на подсчете счетчиком импульсов, поступающих на его вход в течение определенного интервала времени.

При измерении частоты считаются импульсы, сформированные из измеряемого сигнала за время строб-импульса, длительность которого задается опорными частотами.

При измерении длительности импульса и периода подсчитывается количество импульсов опорной частоты (частоты заполнения или меток времени) за время строб-импульса, длительность которого при измерении  $t$  равна длительности измеряемого импульса.

Упрощенная структурная схема частотомера ЧЗ-БЗ представлена на рис. III.

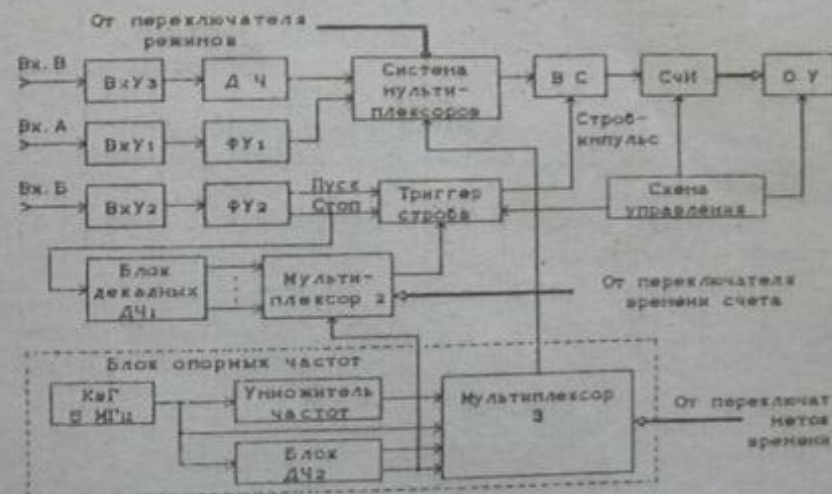


Рис. III

В целом структурная схема частотомера соответствует обобщенной структурной схеме универсального частотомера, рассмотренной в литературе, например /1/.

Частотомер имеет три входа А, Б, В, предназначенные для подачи измеряемых сигналов при измерении соответственно частоты до 200МГц (Вх. А), периода и длительности (Вх. Б) и частоты до 1Гц (Вх. В).

В состав частотомера входят: входные (ВхУ) и формирователи (ФУ) устройства, система делителей частот (ДЧ), блок декадных ДЧ1,



ДЧЗ), триггер отсчета, временной селектор (ВС), счетчик импульсов (СЧИ), отсчетное устройство (ОУ), схема управления, мультилексоры и блок опорных частот. Последний в свою очередь состоит из задающего кварцевого генератора (КаГ) 5 МГц, умножителя и делителя частоты и мультилексора.

ВхУ1 и ВхУ2 состоят из аттенкуатора и усилителя и предназначены для ослабления или усиления измеряемого сигнала до уровня необходимого для нормальной работы ФУ. ВхУ3 дополнительно содержит усилитель-ограничитель.

ФУ1 и ФУ2 осуществляют формирование импульсов с частотой входного сигнала, если он синусоидальный, либо улучшают фронты и ограничивают амплитуду при импульсной форме.

Мультилексоры представляют собой многоканальные цифровые переключатели, состояние которых определяется цифровым кодом на управляющих входах. Наличие мультилексоров позволяет выбирать режим работы частотомера либо с помощью механических переключателей прибора, либо дистанционно с помощью электрических сигналов.

Триггер отсчета формирует импульс, открывающий ВС на время измерения.

Схема управления предназначена для предварительной установки, передачи информации на ОУ, а также задает индикации и управляет всем циклом измерения.

Назначение остальных узлов частотомера аналогично описанным в разделе 2 настоящих МУ.

### 3.2. РАСПОЛОЖЕНИЕ И НАЗНАЧЕНИЕ ОРГАНОВ УПРАВЛЕНИЯ

3.2.1. Органы управления, индикации и присоединительные разъемы расположены на лицевой (рис. П.2) и задней панелях и снабжены соответствующими надписями.

3.2.2. На лицевой панели расположены:

тумблер СЕТЬ, предназначенный для включения питания;

кнопочный переключатель РОД РАБОТЫ, предназначенный для выбора вида измерений;

переключатель ВРЕМЯ СЧЕТА мс/МНОЖ, предназначенный для выбора времени счета при измерении частоты и выбора коэффициента усреднения при измерении периода и отношения частот;

переключатель МЕТКИ ВРЕМЕНИ, а, предназначенный для выбора меток времени (частот заполнения) при измерении длительности импульса и выбора собственных опорных частот в режиме самоконтроля;

потенциометр ВРЕМЯ ИНД, предназначенный для установки желаемого времени индикации информации на цифровом табло прибора;

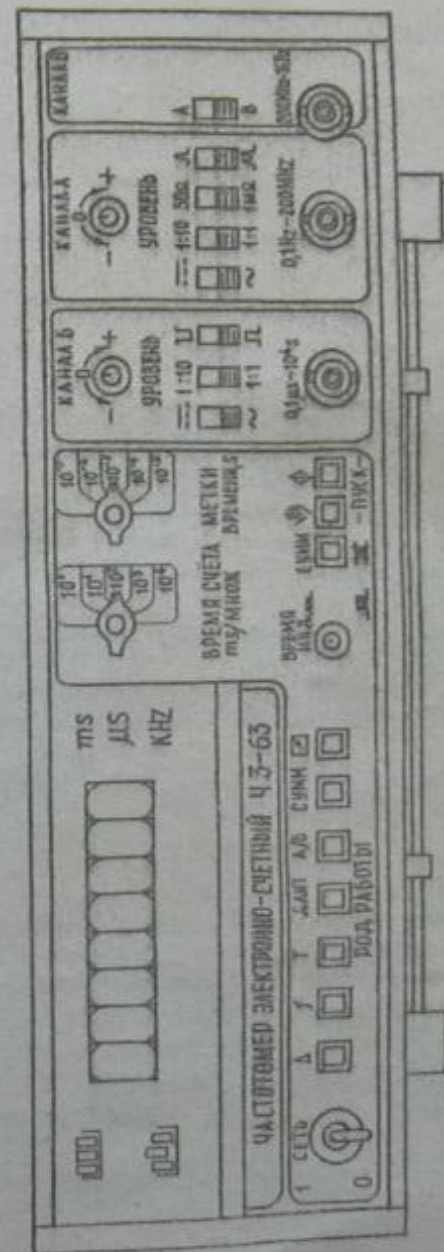


Рис. П. 2

кнопка "\*/С/М" (во включенном состоянии - суммирование), предназначенная для включения и отключения системы памяти, а в режиме суммирования для определения начала и конца счета;

кнопка "ПСК #", предназначенная для ручного запуска;

кнопка "ПСК ВНЕ", предназначенная для внутреннего автоматического или внешнего пуска (в выкатом состоянии) прибора;

3.2.3. В зоне органов управления каналом В: потенциометр УРОВЕНЬ, предназначенный для выбора уровня за-  
пуска по входу В;

переключатель "-/-", предназначенный для установки закрытого или открытого входа;

переключатель "1:1/1:10", предназначенный для ослабления входного сигнала;

переключатель "A/V" служит для выбора полярности;

разъем В, предназначенный для подачи сигнала;

3.2.4. В зоне органов управления каналом А:

потенциометр УРОВЕНЬ, переключатели "1:1/1:10", "-/-", разъем выключит функции, аналогичные соответствующим органам канала В;

переключатель "1M/500", предназначенный для установки входного сопротивления канала А;

переключатель "\*/A", предназначенный для выбора полосы пропускания канала.

3.2.5. Переключатель "А-В" в зоне управления каналом В, предназначенный для выбора низко- или высокочастотного канала при измерении частоты.

3.2.6. Органы управления и присоединения, расположенные на задней панели в работе не используются.

#### 4. ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ

4.1. Включить кнопку "ПСК ВНЕ".

4.2. Установить тумблер СЕТЬ в нижнее положение, выключить в сеть шнур питания и перевести тумблер СЕТЬ в верхнее положение. При этом должны загореться один или несколько цифровых индикаторов.

4.3. Прогреть прибор.

#### 5. ПРОВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

5.1. Проверка работоспособности.

5.1.1. Работоспособность прибора проверяется в режиме самоконтроля.

5.1.2. Включить кнопку А (контроль) переключателя РОД РАБОТЫ.

5.1.3. Установить ручку ВРЕМЯ ИЦД в положение, удобное для отсчета.

5.1.4. Произвести отсчет с цифрового табло прибора, который должен быть кратен  $10^n$ , где  $n=0,1,2,\dots$  в зависимости от положений переключателя ВРЕМЯ СЧЕТА на/МИН и МЕТКИ ВРЕМЕНИ, а.

5.1.5. Нажать кнопку "ПСК #", при этом счет должен прерваться и во всех разрядах табло должна высветиться цифра 8. При отпускании кнопки автоматический цикл работы должен повториться.

5.2. Измерение частоты по входу А.

5.2.1. Нажать кнопку "F" (частота) переключателя РОД РАБОТЫ.

5.2.2. Переключателя входа "А-В" установить в положение А.

5.2.3. Переключатель ВРЕМЯ СЧЕТА на/МИН установить в положение соответствующее требуемой точности измерения. Рекомендуется при измерении частот 0,1-10Гц выбирать положение  $10^4$ , частот 100Гц-1МГц положение  $-10^3$ , а частот свыше 10МГц -  $10^4$  или  $10^6$ .

5.2.4. При измерении частот ниже 1МГц переключатель "\*/A" установить в положение "A".

5.2.5. Переключатели "-/-" и "1:1/1:10" установить в положения соответственно "-" и "1:10".

5.2.6. Подать измеряемый сигнал на вход А.

5.2.7. Вращением ручки УРОВЕНЬ добиться устойчивого счета (периодического мигания светодиода в левом углу табло). При невозможности получения устойчивого счета выключить ослабление сигнала, установив положение "1:1".

5.2.8. Произвести отсчет результата.

ПРИМЕЧАНИЕ. После любых переключений пересоединение табло может быть неверным;

при установке переключателя ВРЕМЯ СЧЕТА на/МИН в положение  $10^4$  отсчет будет получен через 10 секунд.

5.3. Измерение периода (вход В)

5.3.1. Нажать кнопку "T" (период) переключателя РОД РАБОТЫ.

5.3.2. Переключатель ВРЕМЯ СЧЕТА на/МИН установить в положение  $10^2$ , а переключатель МЕТКИ ВРЕМЕНИ, а - в зависимости от требуемой точности. Рекомендуется при измерении периодов менее единиц мс выбирать метки времени  $10^{-7}$  или  $10^{-8}$ , при измерении больших периодов (порядка сотен мс и более) -  $10^{-4}$  или  $10^{-2}$ .

5.3.3. Установить переключатели "-/-" в положение "-", "A/V" в положение, соответствующее полярности импульсов (в данной работе по-

длительность импульсов положительная), "1:1/1:10" в положение "1:10".

5.3.4. Подать измеряемый сигнал на вход Б и вращением ручки уровень добиться устойчивого счета (периодического мерцания светодиода в левом углу табло). При необходимости выключить ослабление входного сигнала.

5.3.5. Произвести отсчет показаний, измерив при необходимости время индикации соответствующей ручкой.

5.3.6. Для получения более точных результатов измерения можно установить переключатель ВРЕМЯ СЧЕТА  $\times$ /МНОЖ в одно из положений  $10^1$ ,  $10^2$ ,  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$  при этом измерение будет производиться соответственно за 10, 100, 1000 или 10000 периодов.

5.4. Измерение длительности импульсов (вход Б)

5.4.1. Нажать кнопку ДЛИТ переключателя РОД РАБОТЫ.

5.4.2. Выполнить пп. 5.3.2-5.3.4.

5.4.3. Произвести отсчет результата.

5.5. Измерение отношения частот (вход А и Б)

5.5.1. Нажать кнопку "А/Б" переключателя РОД РАБОТЫ.

5.5.2. Подать сигнал более высокой частоты на вход А, более низкой - на вход Б.

5.5.3. Установить переключатель ВРЕМЯ СЧЕТА  $\times$ /МНОЖ в положение  $10^2$  (при необходимости повысить точность измерения, допускается устанавливать данный переключатель в другие положения).

5.5.4. Произвести отсчет результата. При отсутствии счета (мерцания светодиода) необходимо убедиться в наличии измеряемых сигналов на входах путем измерения частоты на входе А и периода на входе Б (в соответствии с пп. 5.2.1-5.2.8 и 5.3.1-5.3.5), а затем повторить пп. 5.5.1, 5.5.3.

ПРИМЕЧАНИЕ. Другие режимы работы частотомера в данной лаб. работе не используются.

Св. план 199

Учебное издание

Методические указания к лабораторной работе

## ИЗМЕРЕНИЕ ЧАСТОТНЫХ И ВРЕМЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ С ЦИФРОВЫМ ЧАСТОТОМЕРОМ

для студентов радиотехнических специальностей

Составители: Реуцкий Вячеслав Сергеевич,  
Ляльков Святослав Владимирович  
Редактор Н. В. Гриневич

Подписано в печать 01.02.96.

Объем 1,27 усл. печ. л. 1,0 уч.-изд. л.

Заказ 97.

Формат

Тираж

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
Министерства образования и науки Республики Беларусь  
Отпечатано на ротационной машине БГУИР. 220027, Минск. П. 1