

Министерство образования и науки Украины
Севастопольский национальный технический университет
Кафедра радиотехники

Методические указания к выполнению лабораторной работы
**ИССЛЕДОВАНИЕ ЦИФРОВОГО ЭЛЕКТРОННОСЧЕТНОГО
ЧАСТОТОМЕРА**
по дисциплине «Радиоизмерения»
для студентов ДФО и ЗФО специальности – Радиотехника

Севастополь 2005

УДК 621.317.08(075.8)

Исследование цифрового электронносчетного частотомера/Сост. И.Л. Ветров, – Севастополь: Изд-во СНТУ, 2003. – 9 с.

Целью методических указаний является оказание помощи студентам в выполнении лабораторной работы и изучении принципов построения и режимов работы цифрового частотомера. Излагаются основные теоретические сведения. Приводится описание лабораторной установки, программа и методики измерений, требования к содержанию отчета о лабораторной работе.

Методические указания предназначены для студентов дневной и заочной форм обучения специальности «Радиотехника».

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании кафедры радиотехники. Протокол № 6 от 26 июня 2003г.

Рецензент: к.т.н., доцент Плоткин А.Д.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Исследование цифрового электронносчетного частотомера	3
1.1. Цель работы	3
1.2. Теоретические сведения	3
1.2.1. Измерение частоты сигнала.....	3
1.2.2. Измерение отношения частот сигналов	4
1.2.3. Измерения периода сигнала	4
1.2.4. Измерение длительности импульса и временных интервалов.....	5
1.3. Состав лабораторной установки и начальные установки приборов	6
1.4. Программа и методика исследований	7
1.4.1. Измерение частоты.....	7
1.4.2. Измерение периода.....	7
1.4.3. Измерение длительности импульса	7
1.4.4. Измерение отношения частот f_A/f_B	8
1.5. Содержание отчета	8
1.6. Контрольные вопросы.....	8
Библиография	9

рения) приводит к десятикратному изменению n , что учитывается соответствующим сдвигом запятой на цифровом индикаторе.

Верхняя рабочая частота частотомера определяется быстродействием формирователя импульсов, временного селектора и счетчика импульсов. Обычно она не превышает 50 МГц, но некоторые частотомеры предусматривают возможность подключения специального блока — переносчика частоты, позволяющего перенести максимальную рабочую частоту в гигагерцовую область.

Погрешность электронно-счетных частотомеров имеет две основные составляющие.

Первая обусловлена погрешностью формирования требуемой длительности стробирующего импульса. Если величина τ отличается от требуемой, или быстродействие временного селектора низкое, то соотношение (1.1) нарушается.

Длительность стробирующего импульса τ в режиме измерения частоты формируют путем деления частоты высокостабильного кварцевого генератора в требуемое число раз. Для предотвращения возможного температурного изменения частоты кварцевый генератор помещен в активный термостат, в котором автоматически поддерживается температура порядка 60 градусов. Обычно термостат включают и выключают отдельным выключателем, а прибор снабжен автоматикой, блокирующей его работу при попытке провести измерения с выключенным термостатом.

Вторая составляющая называется погрешностью дискретизации. Она возникает, если начало или конец стробирующего импульса приходится на время действия импульсов формирователя импульсов. В этом случае на выходе временного селектора будет сформировано на один или два импульса меньше, чем требуется. Очевидно, что относительная цена потери одного или двух импульсов (погрешность дискретизации) будет тем меньше, чем больше величина n (чем больше значение τ).

Большинство электронно-счетных частотомеров имеют максимальное значение τ равное 10 секундам и редко 100 секундам. Но даже при таком относительно большом значении τ в случае измерения достаточно низких частот число n оказывается малым, что ведет к возрастанию относительной погрешности дискретизации. Таким образом, вследствие большой погрешности дискретизации точность измерения низких частот электронно-счетным частотомером весьма низка. По этой причине на низких частотах измеряют обычно период колебаний и пересчитывают его в частоту.

1.2.2. Измерение отношения частот сигналов

При измерении отношения частот на формирователь импульсов поступает сигнал с частотой $f_A=f_X$, а на формирователь временных интервалов через переключатель SW подаются импульсы с частотой f_B . Данные импульсы формируются селектором уровня 1 из сигнала, приходящего от второго источника. В этом случае величина τ равна периоду частоты f_B , а число импульсов на выходе селектора, рассчитанное по формуле (1.1), равно отношению частот:

$$n = \tau \cdot f_A = T_B f_A = \frac{f_A}{f_B}.$$

1.2.3. Измерения периода сигнала

Схема, реализующая измерение периода, представлена на рисунке 1.2.

Входной сигнал с частотой f_X через формирователь импульсов поступает на формирователь временных интервалов, вырабатывающий импульс τ_X , равный по длительности периоду $\tau_X=T_X=1/f_X$. Выходной импульс формирователя временных интервалов является стробирующим для импульсов частоты f_0 , вырабатываемых опорным кварцевым генератором. За время τ_X временной селектор пропустит на вход счетчика некоторое число импульсов

$$n_T = f_0 \tau_X = f_0 T_X.$$

Если частота f_0 равна 10^k , где $k=1,2,3,\dots$, то значащие цифры числа импульсов, зарегистрированного счетчиком на выходе селектора, будут совпадать со значащими цифрами периода входного сигнала. Порядок величины периода учитывают соответствующей установкой десятичной запя-

той на цифровом индикаторе.

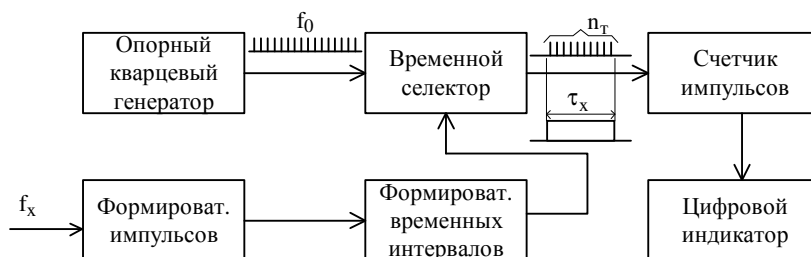


Рисунок 1.2 — Измерение периода методом дискретного счета

Поскольку период следования импульсов опорного генератора может быть сделан очень малым по сравнению с периодом входного низкочастотного сигнала, то погрешность дискретизации также мала.

Метод дискретного счета является наиболее точным и перспективным, погрешность частотомеров на его основе порядка 10^{-8} и меньше.

1.2.4. Измерение длительности импульса и временных интервалов

Структурная схема частотомера, соответствующая данным режимам, представлена на рисунке 1.3.

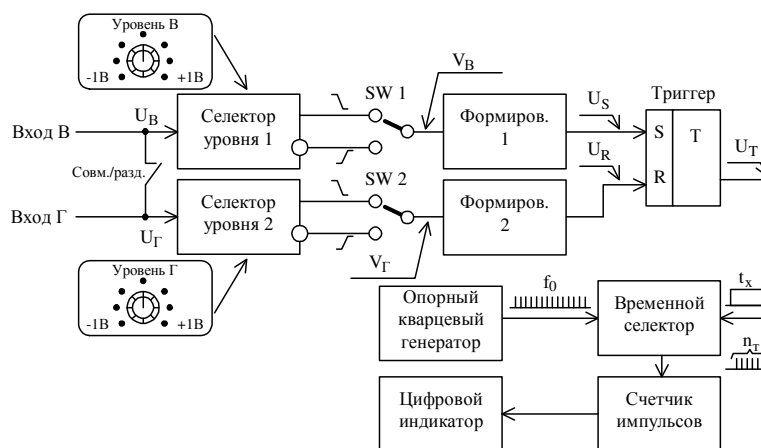


Рисунок 1.3 — Структурная схема частотомера в режиме измерения временных интервалов

Рассматривая работу частотомера в режиме измерения временного интервала, будем предполагать, что переключатель “совместно/раздельно” — разомкнут, а на входах В и Г присутствуют сигналы, показанные на рисунке 1.4, а.

Они поступают на селекторы уровня, являющиеся, по сути, компараторами напряжений. Данные устройства формируют на выходах импульсные сигналы, когда входные напряжения превышают заданные уровни, которые можно изменять при помощи соответствующих органов регулировки. Каждый из селекторов уровня имеет два выхода — прямой и инверсный (отмечен кружком). На рисунке 1.4, б показаны сигналы селекторов уровней на прямых выходах, поступающие через независимые переключатели SW1, SW2 на входы формирователей. Указанное положение переключателей соответствует случаю измерения временного интервала между передними фронтами входных сигналов. При необходимости измерения временных интервалов между задними фронтами импульсов на формирователи можно подать инверсные сигналы переключателями SW1, SW2. На рисунке 1.5 изображены временные диаграммы напряжений, соответствующие случаю измерения временного интервала между передним фронтом импульса на входе В и задним фронтом импульса на входе Г.

Показанные временные диаграммы напряжений позволяют сделать вывод, что в случае импульсов с малой крутизной фронтов на результаты измерений существенное влияние могут оказывать уровни порогов срабатывания каналов. По этой причине временные интервалы необходимо

задавать импульсами с крутыми фронтами.

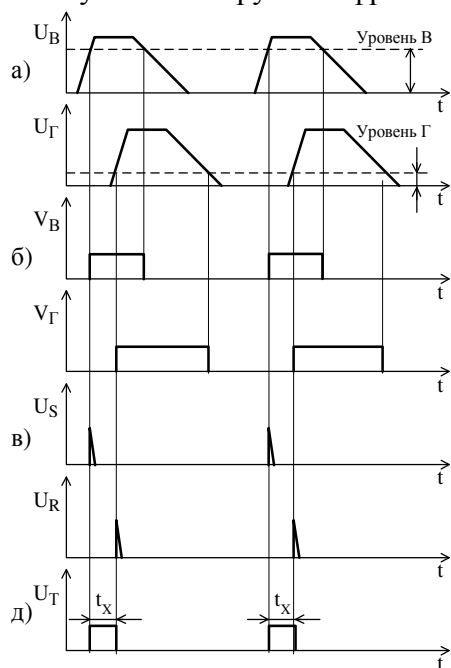


Рисунок 1.4 — Временные диаграммы напряжений при измерении временного интервала в режиме работы: Γ — вход В; Γ — вход Г

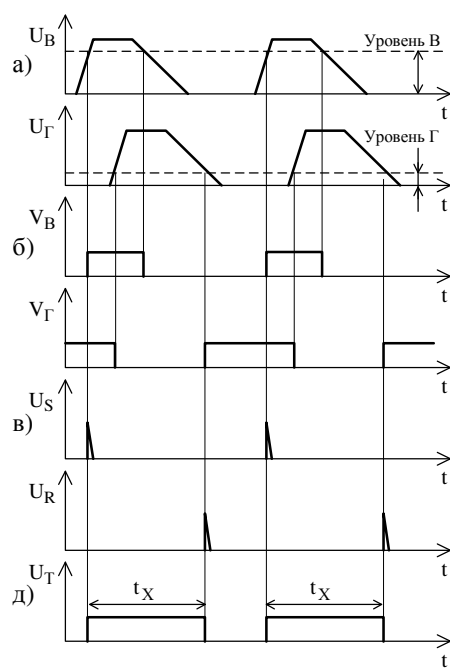


Рисунок 1.5 — Временные диаграммы напряжений при измерении временного интервала в режиме работы: Γ — вход В; Γ — вход Г

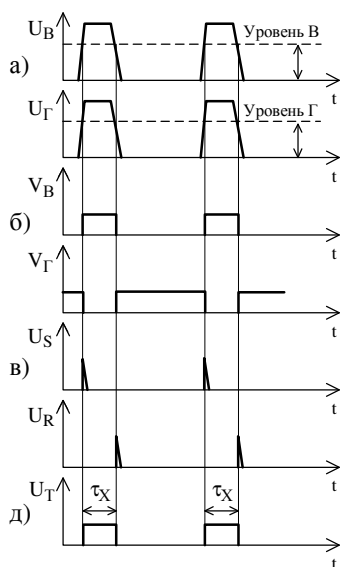


Рисунок 1.6 — Диаграммы напряжений при измерении длительности импульса

В режиме измерения длительности импульсов переключатель «Совместно/раздельно» находится в замкнутом состоянии, т.е. в положении «совместно», а переключатель SW2 — подключает вход формирователя 2 к инверсному выходу селектора уровня 2. Не трудно заметить — ситуация полностью соответствует случаю, представленному временными диаграммами напряжений на рисунке 1.5. Отличие состоит в том, что на входы В и Г поданы одинаковые напряжения, как показано на рисунке 1.6.

При большой длительности фронтов импульса результат измерения также существенно будет зависеть от выбора уровней срабатывания каналов

1.3. Состав лабораторной установки и начальные установки приборов

Лабораторная установка состоит из цифрового частотомера ЧЗ-34 и генератора импульсов Г5-15 и генератора стандартных сигналов Г4-18.

Частотомер ЧЗ-34 реализует измерение временных параметров сигналов методом дискретного счета.

Генератор импульсов Г5-15 и высокочастотный генератор Г4-18 служат в качестве источников входных сигналов частотомера.

Перед включением приборов поставить органы их управления в следующие положения.

Частотомер ЧЗ-34:

Переключатель «РОД РАБОТЫ» — в положение частота А/Б контроль.

Переключатель «МЕТКИ ВРЕМЕНИ» — в положение «А».

— Атенюатор канала «А» — в положение «1:10»

- Аттenuатор канала «В» — в положение «1:10»
- Аттenuатор канала «Г» — в положение «1:10».
- Переключатель режимов работы каналов В и Г — в положение «совместно»
- Переключатель режима запуска « $\square \sim$ » — в положение « $\square$ ».
- Переключатель «ВРЕМЯ ИЗМЕРЕНИЯ» — в положение «1S».
- Переключатель «ВРЕМЯ ИНДИКАЦИИ» — в крайнее левое положение.
- Включить частотомер и термостат кварцевого генератора при помощи выключателей, расположенных в левом нижнем углу передней панели прибора.

Генератор Г4-18

- Переключатель режима работы — в положение «НГ».
- Переключатель «МОДУЛЯЦИЯ» — в положение «ВНЕШНЯЯ».

Перед проведением измерений прогреть приборы в течение 10 минут.

1.4. Программа и методика исследований

1.4.1. Измерение частоты

1. Подключите вход «А» частотомера к выходу генератора Г5-15, обозначенному «1:10».
2. Установите длительность импульса генератора равной $\tau = d \mu\text{S}$, где d — последняя цифра текущего дня месяца.
3. Рассчитайте и установите необходимую частоту $f_{\text{И}}$ следования импульсов, обеспечивающую скважность $Q=100k$, где k — номер бригады студентов, выполняющей лабораторную работу.
4. Произведите измерение частоты следования импульсов, установив органы регулировки частотомера в соответствии с п. 4.1.
5. Результат измерения занесите в таблицу 1.

1.4.2. Измерение периода

1. Подключите выход генератора Г5-15 к входу «В» частотомера.
2. Установите переключатель «МЕТКИ ВРЕМЕНИ» в положение «1 μS ».
3. Установите переключатель «РОД РАБОТЫ» в положение «Т_В».
4. Установите переключатель «ВРЕМЯ ИЗМЕРЕНИЯ» в положение «1S».
5. Произведите измерение периода $T_{\text{В}}$ следования импульсов. В случае остановки частотомера подберите необходимый уровень срабатывания селектора уровня входа «В».
6. Результат измерения занесите в таблицу 1.1.

1.4.3. Измерение длительности импульса

1. Подключите выход генератора к входу «В» частотомера.
2. Установите переключатель «МЕТКИ ВРЕМЕНИ» в положение «10 nS».
3. Установите переключатель «РОД РАБОТЫ» в положение $t_{\text{ВГ}}$.
4. Установите переключатель «совместно/раздельно» в положение «совместно».
5. Произведите измерение длительности импульсов t_1 и t_2 между разными фронтами, как показано на рисунке 1.7.

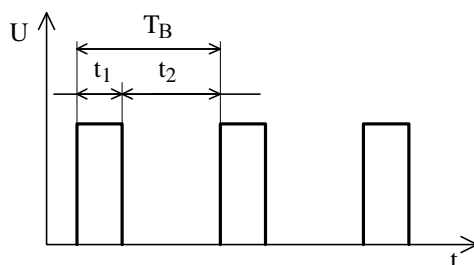


Рисунок 1.7 — Измеряемые временные интервалы

Выбор необходимых фронтов импульсов осуществите переключателями, « $\square$ » и « $\square$ » каналов

«В» и «Г». Учтите, что по каналу «В» происходит запуск счета, а по каналу «Г» — его остановка. В случае остановки частотомера подберите необходимые уровни срабатывания селекторов уровня входов «В» и «Г».

6. Результат измерения занесите в таблицу 1.

1.4.4. Измерение отношения частот f_A/f_B

1. Подключите выход генератора Г5-15 к входу «В» частотомера.

2. Подключите выход «1В» генератора Г4-18 к входу «А» частотомера

3. Установите частоту генератора Г4-18 равной 3 МГц.

4. Установите аттенюатор канала А в положение 1:1.

5. Установите переключатель «МЕТКИ ВРЕМЕНИ» в положение «А».

6. Установите ручку переключателя частотомера «РОД РАБОТЫ» в положение $\frac{F_{A,B}}{F_B}$.

7. Произведите измерение отношения частот.

8. В случае остановки частотомера подберите необходимый уровень срабатывания селектора уровня входа «В».

9. Результат измерения занесите в таблицу 1.1.

Таблица 1.1

$f_{и}$	T_B	t_1	t_2	f_A/f_B	d	k	Q

1.5. Содержание отчета

Отчет о лабораторной работе должен содержать:

- цель работы;
- структурные схемы частотомера в различных режимах работы.
- расчетные формулы и таблицы результатов;
- выводы по результатам работы.

1.6. Контрольные вопросы

1. Назовите существующие методы измерения частоты.
2. Какой из методов измерения частоты является наиболее точным?
3. Объясните принцип работы электронно-счетного частотомера в режиме измерения частоты.
4. Объясните принцип работы электронно-счетного частотомера в режиме измерения временного интервала.
5. Объясните принцип работы электронно-счетного частотомера в режиме измерения длительности импульса.
6. Объясните принцип работы электронно-счетного частотомера в режиме измерения периода.
7. Почему на низких частотах погрешность измерения периода методом дискретного счета меньше погрешности измерения частоты?

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Бурдун Г.Д. Основы метрологии/ Г.Д. Бурдун, Б.Н. Марков. —М.: Госстандарт, 1972. — 247 с.
2. Елизаров А.С. Электроизмерения: Учебное пособие для вузов по специальности Радиотехника/А.С. Елизаров. — Минск, Высшая шк., 1986. —
3. Кукуш В.Д. Электрорадиоизмерения/ В.Д Кукуш. — М.: Радио и связь, 1985.— 368 с.
4. Кушнир Ф.В. Измерения в технике связи/ Ф.В Кушнир, В.Г. Савенко, С.М. Верник.— М.: Высш. Шк., 1976. —432 с.
5. Кушнир Ф.В. Электрорадиоизмерения. Учебное пособие для вузов/ Ф.В. Кушнир, В.Г. Савенко. — Л., Энергия, 1975. —368с.
6. Мейзда Ф. Электронные измерительные приборы и методы измерений Перевод с англ./ Ф. Мейзда. — М., Мир, 1990. —
7. Мирский Г.Я. Электронные измерения/ Г.Я. Мирский. — М., Радио и связь, 1986г. —
8. Основы метрологии и электрические измерения. Учебник для вузов/Б.Я. Авдеев, Е.М. Антонюк, Е.М. Душин и др.; Под ред. Е.М. Душина. – 6 изд., перераб. и доп. — Л.: Энергоатомиздат, 1987. – 480 с.
9. Измерения в электронике: Справочник /В.А. Кузнецов, В.А. Долгов, В.М. Коневских и др.; Под ред. В.А. Кузнецова. — М.: Энергоатомиздат, 1987. – 512 с.
10. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы/ С.И. Баскаков.—М., Высшая шк.—1988.— 448 с.
11. Техническое описание и инструкция по эксплуатации измерительного генератора Г4-102.