



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 010 243** ⁽¹³⁾ **C1**
(51) МПК⁵ **G 01 R 23/00**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

(21), (22) Заявка: 4678590/21, 14.04.1989

(46) Дата публикации: 30.03.1994

(71) Заявитель:

Таганрогский радиотехнический институт

(72) Изобретатель: Литюк В.И.

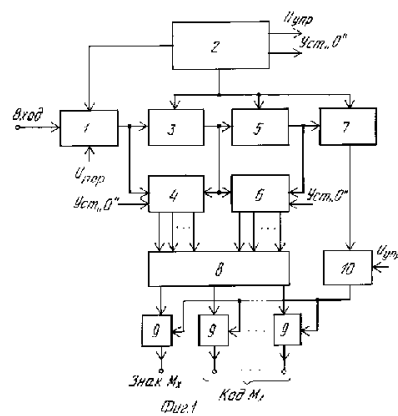
(73) Патентообладатель:

Таганрогский радиотехнический институт

(54) **ИЗМЕРИТЕЛЬ СКОРОСТИ ЛИНЕЙНОГО ИЗМЕНЕНИЯ ЧАСТОТЫ ВНУТРИ ИМПУЛЬСА**

(57) Реферат:

Изобретение относится к цифровой радиоизмерительной технике и может быть использовано для измерения скорости линейного изменения частоты внутри импульса независимо от несущей частоты. Сущность изобретения: измеритель содержит блок 1 формирования, блок 2 управления и синхронизации, две цифровые линии 3 и 5 задержки, два реверсивных счетчика 4 и 6, $N + 1$ элементов И 7 и 9, блок 8 вычитания, блок 10 ждущего мультивибратора с соответствующими связями. 2 ил.





(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 010 243** ⁽¹³⁾ **C1**
(51) Int. Cl.⁵ **G 01 R 23/00**

RUSSIAN AGENCY
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 4678590/21, 14.04.1989

(46) Date of publication: 30.03.1994

(71) Applicant:
TAGANROGSKIY RADIOTEKHNICHESKIY
INSTITUT

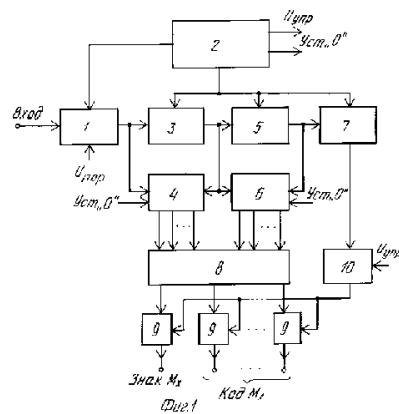
(72) Inventor: LITJUK V.I.

(73) Proprietor:
TAGANROGSKIY RADIOTEKHNICHESKIY
INSTITUT

(54) METER OF SPEED OF LINEAR CHANGE OF FREQUENCY INSIDE PULSE

(57) Abstract:

FIELD: digital radio measurement technology. SUBSTANCE: meter of speed of linear change of frequency inside pulse has former 1, control and synchronization unit 2, two digital delay lines 3 and 5, two reversible counters 4 and 6, (n+1) AND gates 7 and 9, subtractor 8, single-shot multivibrator 10 with proper couplings. EFFECT: improved accuracy. 2 dwg



Изобретение относится к цифровой радиоизмерительной технике и может быть использовано для контроля и измерения скорости изменения частоты внутри импульса.

Известно устройство (Лихарев В. А. Цифровые методы и устройства в радиолокации. - М. : Сов. радио, 1973, с 108, рис. 2.12 и с. 100, рис. 2.8), которое содержит квантизатор на два уровня, соединенный входом с шиной входных сигналов, а выходом через формирователь с входом цифровой линии задержки и с суммирующим входом реверсивного счетчика, причем выход цифровой линии задержки подключен к вычитающему входу реверсивного счетчика, а синхронизирующий вход соединен с выходом блока управления и синхронизации, выходы реверсивного счетчика подключены через сравнивающее устройство к выходным шинам.

Данное устройство позволяет оценить текущее значение частоты заполнения сигнала с внутриимпульсной частотой модуляции (ЛЧМ-сигнала), однако его недостатком является низкая точность измерения.

Известно устройство (авт. св. СССР 1503023, кл. G 01 R 23/00, 23.08.89), содержащее электронно-счетный частотомер, состоящий из блока делителей частоты, двух счетчиков реверсивного типа, регистра памяти, индикатора, формирователя импульсов перезаписи, формирователя импульсов сброса, коммутатора, двух формирователей импульсов коммутации и двух формирователей импульсов управления.

Однако недостатком данного устройства является низкая точность измерения скорости изменения частоты ЛЧМ-сигнала.

Известно устройство, являющееся прототипом (авт. св. СССР 1449924, кл. G 01 R 23/00, 07.01.89), содержащее входной формирователь, выход которого соединен со счетными входами первого и второго счетных каналов, содержащих каждый последовательно соединенные селектор, счетчик и буферный регистр, причем селектирующие входы обоих каналов подключены к соответствующим выходам формирователя времени счета, содержащего последовательно соединенные опорный генератор, декадный делитель частоты и формирователь стробов, выходы которого являются соответственно первым вторым выходами формирователя времени счета, одновибратор переписи кода, вход которого подключен к второму выходу формирователя времени счета, а выход соединен с управляющим входом буферного регистра второго канала, одновибратор импульса сброса, выход которого соединен с обнуляющим входом счетчика второго канала, блок вычитания, выход которого соединен с индикатором, а также второй одновибратор переписи кода, второй одновибратор импульса сброса, триггер, два коммутатора, причем вход второго одновибратора переписи кода соединен с первым выходом формирователя времени счета, а выход подключен к входу второго одновибратора импульса сброса, к R-входу триггера и к управляющему входу буферного регистра первого счетного канала, выход второго одновибратора импульса сброса подключен к обнуляющему входу счетчика первого

счетного канала, выход первого одновибратора переписи кода соединен с входом первого одновибратора импульса сброса и с S-входом триггера, прямой выход триггера соединен с управляющим входом первого коммутатора, первый информационный вход которого соединен с прямым выходом первого буферного регистра, а второй - с инверсным выходом второго буферного регистра, инверсный выход триггера соединен с управляющим входом второго коммутатора, первый информационный вход которого соединен с прямым выходом второго буферного регистра, второй информационный вход - с инверсным выходом первого буферного регистра, выходы коммутаторов подключены соответственно к первому и второму выходам блока вычитания.

Однако данное устройство имеет низкую точность измерения скорости изменения частоты ЛЧМ-сигнала.

Целью изобретения является повышение точности измерения величины скорости линейного изменения частоты внутри импульса.

Цель достигается тем, что в измеритель скорости линейного изменения частоты внутри импульса, содержащий блок формирования, информационный вход которого соединен с шиной входных сигналов, два счетчика и блок вычитания, введены блок управления и синхронизации, две цифровые линии задержки, N+1 элементов И и блок ждущего мультивибратора, при этом счетчики выполнены реверсивными, выход блока формирования подключен к суммирующему входу первого реверсивного счетчика и входу первой цифровой линии задержки, выход которой соединен с вычитающим входом первого счетчика, суммирующим входом реверсивного счетчика и входом второй цифровой линии задержки, выход которой подключен к вычитающему входу второго реверсивного счетчика и первому входу (N+1)-го элемента И, выход которого через блок ждущего мультивибратора соединен с вторыми входами элементов И с первого по N-й, выходы первого и второго реверсивных счетчиков соединены соответственно с первой и второй группами входов блока вычитания, выходы которого с первого по N-й соединены с первыми входами соответствующих элементов И, выходы которых подключены к выходам измерителя, первый выход блока управления и синхронизации соединен с управляющим входом блока формирования, а второй выход - с синхронизирующими входами первой и второй цифровых линий задержки и вторым входом (N+1)-го элемента И.

Сравнение предложенного технического решения с прототипом и аналогами позволяет сделать вывод, что оно соответствует критерию новизны и обладает существенными отличиями. Положительный эффект достигается за счет введения указанных дополнительных узлов, что позволяет повысить точность измерения величины скорости линейного изменения частоты внутри импульса.

На фиг. 1 изображена структурная схема измерителя скорости линейного изменения частоты внутри импульса; на фиг. 2 изображены временные диаграммы его

работы.

Измеритель скорости линейного изменения частоты внутри импульса, содержит блок 1 квантования и формирования, соединенный информационным входом с шиной входных сигналов, управляющим входом с соответствующим выходом блока 2 управления и синхронизации, а выходом с входом цифровой линии 3 задержки и суммирующим входом реверсивного счетчика 4. Выход цифровой линии 3 задержки соединен с вычитающим входом реверсивного счетчика 4, с входом цифровой линии 5 задержки и суммирующим входом реверсивного счетчика 6, синхронизирующий вход цифровой линии 3 задержки соединен с соответствующим выходом блока 2 управления и синхронизации, а выход цифровой линии 5 задержки соединен с вычитающим входом реверсивного счетчика 6 и с первым входом схемы И 7. Выходы реверсивных счетчиков 4 и 6 соединены с соответствующими входами блока 8 вычитания, каждый из N выходов которого подключен к первым входам каждой из N схем И 9. Выходы последних являются N выходами измерителя, а их вторые входы объединены и подключены через блок 10 ждущего мультивибратора к выходу схемы И 7, второй вход которой соединен с синхронизирующим входом второй цифровой линии 5 задержки и с соответствующим выходом блока 2 управления и синхронизации.

Работает измеритель следующим образом.

Положим, что все цифровые узлы установлены в нулевое состояние, а во всех цифровых линиях задержки записаны нули.

Пусть в момент времени t_0 на вход измерителя (фиг. 2а) поступает ЛЧМ-сигнал с неизвестной центральной частотой f_x , расположенный в диапазоне $f_{\min}$ - $f_{\max}$, и неизвестной скоростью ее изменения M_x за время длительности сигнала $T_{\text{и}}$, который может быть записан в виде

$U(t)=$

$$\begin{cases} \exp\{-j(2\pi f_x t + 0.5 M_x t^2)\} & \text{при } 0 \leq t \leq T_{\text{и}} \\ 0 & \text{при всех других значениях } t. \end{cases}$$

Этот сигнал по входной шине поступает на вход блока 1 квантования и формирования, на выходе которого появляются сигналы в виде последовательности нулей и единиц. Положим, что единицам соответствуют положительные значения действительной части экспоненты, а нулям - отрицательные. При этом в блоке 1 происходит формирование сигналов, моменты появления которых во времени на выходе блока 1 синхронизированы с моментами времени синхроимпульсов, поступающими из блока 2 на управляющие входы цифровой линии 3 задержки с частотой, выбираемой из условия выполнения теоремы Котельникова, т. е. с частотой не менее $2f_{\max}$. При этом согласовывается асинхронный режим поступления входных импульсов с синхронным режимом работы цифровых узлов так, чтобы на каждые полпериода несущей частоты входного ЛЧМ-сигнала вырабатывался один импульс, который записывается одновременно по сигналу синхроимпульса из блока 2 в линию 3

задержки и реверсивный счетчик 4, как показано на фиг. 2б. Максимальное время задержки в линиях 3 и 5 $\Delta t < 0.5T_{\text{и}}$. Поступающие на вход линий ≈ 3 задержки сигналы продвигаются вдоль нее под действием синхросигналов, поступающих с выхода блока 2.

Одновременно эти сигналы поступают на суммирующий вход реверсивного счетчика 4, который начинает подсчитывать количество периодов входного колебания. В каждый текущий момент времени t , где $t_0 \leq t \leq t_0 + \Delta t$, в счетчике 4 находится код, пропорциональный целому числу периодов высокочастотного заполнения. В момент времени $t = t_0 + \Delta t$ на выходе линии 3 находится сигнал, задержанный на время Δt (фиг. 2в), который поступает на вторую линию 5 задержки, на вычитающий вход счетчика 4 и суммирующий вход счетчика 6. У линии 5 время задержки также равно Δt . На ее суммирующий вход поступают с той же тактовой частотой синхронизирующие импульсы с выхода блока 2, которые сдвигают сигнальные импульсы вдоль этой линии задержки. В моменты времени $t_0 + \Delta t < t < t_0 + 2\Delta t$ на выходах счетчика 6 находится код, пропорциональный числу периодов высокочастотного заполнения.

Одновременно в счетчике 4 находится код, равный разности частот сигналов на его входах, т. е. код, пропорциональный величине $\{2\pi f_x(t_0 + \Delta t) + 0.5 M_x(t_0 + \Delta t)^2\} - \{2\pi f_x(t_0) + 0.5 M_x(t_0)^2\} = 2\pi f_{x\Delta} t + M_x t_0 \Delta t + 0.5 M_{x\Delta} t^2 + M_x t_0 t$. величина которого нарастает с ростом времени t . Очевидно, что максимальное значение кода, которое может быть записано в счетчике 4, зависит от значений величины $f_{\max}$ и $T_{\text{и}}$ и определяет требования к его разрядности.

В момент времени $t = t_0 + 2\Delta t$ (фиг. 2г) сигнальный импульс достигнет конца линии 5 задержки и поступает на вычитающий вход счетчика 6 и на вход схемы И 7. В этот момент времени на выходах счетчика 6 появляется код, пропорциональный разности частот сигналов на его входах, т. е. код, пропорциональный величине

$$\{2\pi f_x(t_0 + \Delta t) + 0.5 M_x(t_0 + \Delta t)^2\} - \{2\pi f_x t_0 + 0.5 M_x(t_0)^2\} = 2\pi f_{x\Delta} t + M_x t_0 \Delta t + 0.5 M_{x\Delta} t^2.$$

Одновременно в счетчике 4 находится код, равный разности частот сигналов на его входах, т. е. код, пропорциональный величине $\{2\pi f_x(t_0 + 2\Delta t) + 0.5 M_x(t_0 + 2\Delta t)^2\} - \{2\pi f_x(t_0 + \Delta t) + 0.5 M_x(t_0 + \Delta t)^2\} = 2\pi f_{x\Delta} t + M_x(t_0 + \Delta t)\Delta t + 0.5 M_{x\Delta} t^2 = 2\pi f_{x\Delta} t + M_x t_0 \Delta t + 1.5 M_{x\Delta} t^2$.

Полученные значения с выходов счетчиков 4 и 6 в виде параллельных цифровых кодов поступают на входы блока 8 вычитания. На выходах этого блока образуется код, величина которого пропорциональна разности кодов чисел, поступивших с выходов счетчиков 4 и 6, и которая равна

$$\{2\pi f_{x\Delta} t + M_x t_0 \Delta t + 1.5 M_{x\Delta} t^2\} - \{2\pi f_{x\Delta} t + M_x t_0 \Delta t + 0.5 M_{x\Delta} t^2\} = M_{x\Delta} t^2.$$

Одновременно в момент времени $t = t_0 +$

2 Δt сигнальный импульс совпадает с импульсом с выхода блока 2 на входах схемы И 7, и на ее выходе появляется сигнал (фиг. 2д), который поступает на вход блока 10 ждущего мультивибратора, на выходе которого через время ΔT , равное времени вычисления в блоке 8 вычитания кода разности, появляется разрешающий сигнал (фиг. 2е). Этот сигнал поступает на соединенные вместе входы схем И 9, на вторых входах которых находится результат вычисления кода разности с выходов блока 8 вычитания, который появляется на выходах измерителя (фиг. 2ж).

Длительность сигнала с выхода блока 10 ждущего мультивибратора, который определяет продолжительность наличия кода на выходе измерителя, может быть выбрана меньше или равной величине $T_{и}-2 \Delta t - \Delta T$. По окончании сигнала на выходе блока 10 ждущего мультивибратора этот блок готов к работе через интервал времени $4 \Delta t$.

Поскольку величина времени задержки Δt в линиях 3 и 5 является заранее заданной величиной и постоянной ($\Delta t = \text{const}$), то можно записать, что неизвестная величина M_x определена с масштабным коэффициентом $C = \Delta t^2$. В случае $\Delta t = 1$ код на выходе схем И 9 прямо пропорционален неизвестной величине M_x . Поскольку в приведенных выражениях используется алгебраическая сумма в показателе комплексной экспоненты, то в том случае, когда величина M_x имеет противоположный знак, работа измерителя аналогична описанной ранее, за исключением того, что имеется на выходе схемы И 9, определяющей знак. При изменении наклона ЛЧМ-сигнала в процессе измерения (V-образный ЛЧМ-сигнал) изменятся знак на выходе этой схемы И 9.

В момент времени $t = t_0 + T_{и}$, т. е. когда заканчивается ЛЧМ-сигнал, на суммирующий вход счетчика 4 перестают поступать сигналы и значение кода в нем начинает уменьшаться. Одновременно с выхода блока 10 ждущего мультивибратора перестает поступать разрешающий сигнал на схемы И 9. Этот сигнал может закончиться раньше, чем закончится анализируемый сигнал. Блок 10 ждущего мультивибратора может управляться от блока 2 управления и синхронизации.

В момент времени $t = t_0 + T_{и} + \Delta t$ счетчик 4 возвращается в исходное состояние, а в счетчике 6 начинает уменьшаться значение кода. В момент времени $t = t_0 + T_{и} + 2 \Delta t$ счетчик 6 возвращается в исходное состояние, в линиях 3 и 5 задержки записываются нули, схема И 7 перестает пропускать импульсы от блока 2 управления и синхронизации и измеритель готов принять на

обработку следующий ЛЧМ-сигнал.

Технико-экономическая эффективность может быть оценена путем сравнения с прототипом. Поскольку в прототипе отсутствуют узлы, позволяющие измерять скорость изменения частоты ЛЧМ-сигнала, моменты прихода которого не определены, то в тех случаях, когда анализируемый сигнал не попадает во временные ворота, вырабатываемые формирователем времени счета, возникает ошибка в определении величины M_x . В предлагаемом измерителе, который предназначен для анализа M_x одиночных или редко повторяющихся сигналов, данного эффекта нет. Следовательно, он позволяет проводить измерения с более высокой точностью в широком диапазоне частот и определять по виду изменения параметра вид частотной модуляции, что свидетельствует о высокой технико-экономической эффективности предлагаемого измерителя. (56) Авторское свидетельство СССР N 1503023, кл. G 01 R 23/00, 1989.

Авторское свидетельство СССР 1449924, кл. G 01 R 23/00, 1989.

Формула изобретения:

ИЗМЕРИТЕЛЬ СКОРОСТИ ЛИНЕЙНОГО ИЗМЕНЕНИЯ ЧАСТОТЫ ВНУТРИ ИМПУЛЬСА, содержащий блок формирования, информационный вход которого соединен с шиной входных сигналов, два счетчика и блок вычитания, отличающийся тем, что с целью повышения точности, в него введены блок управления и синхронизации, две цифровые линии задержки, $N + 1$ элементов И и блок ждущего мультивибратора, причем счетчики выполнены в виде реверсивных, выход блока формирования подключен к суммирующему входу первого реверсивного счетчика и входу первой цифровой линии задержки, выход которой соединен с вычитающим входом первого счетчика, суммирующим входом второго реверсивного счетчика и входом второй цифровой линии задержки, выход которой подключен к вычитающему входу второго реверсивного счетчика и первому входу $(N + 1)$ -го элемента И, выход которого через блок ждущего мультивибратора соединен с вторыми входами элементов И с первого по N -й, выходы первого и второго реверсивных счетчиков соединены соответственно с первой и второй группами входов блока вычитания, выходы которого с первого по N -й соединены с первыми входами соответствующих элементов И, выходы которых подключены к выходам измерителя, первый выход блока управления и синхронизации соединен с управляющим входом блока формирования, а второй выход - с синхронизирующими входами первой и второй цифровых линий задержки и вторым входом $(N + 1)$ -го элемента И.

