



Государственный комитет
СССР
по делам изобретений
и открытий

О П И С А Н И Е ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(61) Дополнительное к авт. свид-ву —

(22) Заявлено 15.02.79 (21) 2725218/18-21

с присоединением заявки № —

(23) Приоритет —

Опубликовано 23.12.80, Бюллетень № 47

Дата опубликования описания 23.12.80

(11) 789893

(51) М. Кл.³

G 01 R 25/08

(53) УДК 621.317.
.77(088.8)

(72) Автор —
изобретения

А.С. Глинченко

(71) Заявитель

Красноярский политехнический институт

(54) ЦИФРОВОЙ ФАЗОМЕТР

Изобретение относится к измерительной технике и может быть использовано для построения широкодиапазонных цифровых фазометров с измерением за период сигнала.

Известен цифровой фазометр с измерением за период сигнала, основанный на преобразовании сдвига фаз в интервал времени и последующем заполнении интервала квантуемыми импульсами, полученными путем умножения частоты сигнала в $36 \cdot 10^n$ или $18 \cdot 10^n$ раз (где n — целые числа), содержащий умножители с автоподстройкой частоты квантующего генератора и делитель частоты в цепи обратной связи [1].

Однако, этот цифровой фазометр имеет ограниченный диапазон рабочих частот, определяемый пределами перестройки генератора.

Наиболее близким по технической сущности к предлагаемому является цифровой фазометр, содержащий формирующие устройства, последовательно соединенные управляемый триггер, блок автоматики, индикаторный счетчик и блок формирования частоты квантования, кратной частоте сигнала, содержащий также подстраиваемый

генератор, делитель частоты и элемент автоподстройки частоты, входы которого связаны с выходами одного из формирующих устройств и делителя частоты, а выход — с управляющим входом подстраиваемого генератора, выход которого подключен ко входу делителя частоты и блока автоматики [2].

Однако частота подстраиваемого генератора в установившемся режиме равна $f_r = K f_c$, где $K = 36 \cdot 10^n$ или $18 \cdot 10^n$ и определяется коэффициентом деления делителя частоты в цепи обратной связи кольца автоподстройки частоты. Диапазон рабочих частот такого фазометра, перекрываемый без каких-либо коммутаций, составляет $\Delta f_c = \Delta f_r / K$, где Δf_r — пределы перестройки частоты подстраиваемого генератора. Кроме того, такому фазометру свойственно большое время прохождения в синхронизм перед началом измерения.

Цель изобретения — расширение диапазона рабочих частот и повышение быстродействия.

Эта цель достигается тем, что в цифровой фазометр, содержащий входные формирователи, подключен-

ные своими выходами к последовательно соединенным управляемому триггеру, блоку автоматики и индикаторному счетчику, а также подстраиваемый генератор, делитель частоты и элемент автоподстройки частоты, входы которого связаны с выходами второго входного формирователя и делителя частоты, а выход - с управляющим входом подстраиваемого генератора, введены узел цифрового умножения частоты, содержащий блок формирования управляющих импульсов, вход которого связан с выходом второго входного формирователя, последовательно соединенные счетчик, регистр памяти и элемент сравнения кодов, подсоединенный выходом к блоку автоматики и входу делителя частоты, а также первый дополнительный делитель частоты, подключенный выходом ко входу счетчика, и второй дополнительный делитель частоты, выходы разрядов которого подключены ко входам элемента сравнения кодов, а вход "сброс" - к выходу элемента сравнения кодов, при этом входы обоих дополнительных делителей частоты связаны с выходом подстраиваемого генератора, а выходы блока формирования управляющих импульсов подключены ко входу "запись" регистра памяти и входам "сброс" счетчика и всех делителей частоты, также введен блок контроля и управления режимом, подключенный входом к выходу элемента автоподстройки частоты, а выходами - к управляющему входу элемента автоподстройки частоты и блоку формирования управляющих импульсов.

На фиг. 1 приведена структурная схема цифрового фазометра; на фиг. 2 - временные диаграммы работы.

Цифровой фазометр содержит входные формирователи 1 и 2, соединенные управляемый триггер 3, блок 4 автоматики и индикаторный счетчик 5, блок 6 формирования управляющих импульсов, счетчик 7, регистр 8 памяти и элемент 9 сравнения кодов, первый 10 и второй 11 дополнительные делители частоты и подстраиваемый генератор 12, элемент 13 автоподстройки частоты, делитель 14 частоты, а также блок 15 контроля и управления режимом.

Цифровой фазометр работает следующим образом.

В работе данного устройства можно выделить два режима - режим захвата и режим слежения. Рассмотрим работу устройства в режиме захвата.

Импульсом начала первого периода сигнала запускается блок 6, сбрасывающий счетчик 7 и делители 10, 11, 14 частоты в нулевое состояние. С помощью делителя 10 частоты с коэффициентом деления K и счетчика 7 осу-

ществляется преобразование периода выходного сигнала в код q , равный целой части отношения периода сигнала T_c к умноженному в K раз периоду частоты подстраиваемого генератора $t_r = 1/f_r$: $q = [T_c/t_r \cdot K]$. Этот код соответствует числу импульсов частоты f_r/K , подсчитанных счетчиком 7 за период сигнала. Импульсом начала второго периода это число записывается в регистр 8 памяти и в дальнейшем не изменяется. Одновременно прекращается поступление импульсов сброса с блока 6 на делители 11 и 14 частоты. Далее код регистра 8 памяти сравнивается с текущим кодом делителя 11 частоты и в момент их равенства на выходе элемента 9 сравнения кодов формируется импульс, снова сбрасывающий делитель 11 частоты в "0". Этот процесс идет циклически, в результате чего на выходе элемента 9 сравнения кодов за период сигнала появляется число импульсов, равное целой части отношения $[T_c/qr]$, близкое к величине K . Эти импульсы делятся по частоте в K раз делителем 14 частоты. В результате, начиная со второго периода сигнала, на входы элемента 13 автоподстройки частоты с выхода формирователя 2 и делителя 14 частоты поступают близкие по частоте сигналы, лежащие в полосе захвата этого элемента. При этом на выходе 13 автоподстройки частоты образуется соответствующее управляющее напряжение, которое подается на управляющий вход генератора 12. Под действием управляющего напряжения частота генератора уменьшается на величину $\Delta f_r = \Delta q K f_c$, где Δq - значение дробной части отношения периода сигнала к начальному периоду частоты задающего генератора $\Delta q = \{T_c/t_r \cdot K\}$, изменяющееся в пределах от "0" до "1".

Установившееся значение частоты генератора $f_r^1 = f_r - \Delta f_r$ при этом кратно частоте сигнала $f_r = q K f_c$, а частота импульсов на выходе элемента сравнения 9 кодов точно равна

$$f_{\text{вых}} = K f_c.$$

Частота генератора 12 в данном фазометре всегда находится в пределах полосы захвата элемента 13 автоподстройки частоты, независимо от частоты входного сигнала. Это существенно сокращает время подготовки прибора к работе и обеспечивает автоматическое измерение сдвига фаз в широком диапазоне частот.

Рассмотрим работу устройства в режиме слежения за частотой сигнала.

При этом код q , записанный в регистре 8 памяти, остается неизменным и частота генератора 12 изменяется пропорционально частоте сигнала $f_r = q K f_c$. При достижении границ перестройки генератора 12

$f_{\text{мин}}$, $f_{\text{макс}}$ происходит срыв слежения и в кольце автоподстройки частоты возникают биения, заканчивающиеся синхронизацией системы на новой частоте генератора. Этой частоте соответствует новый код периода q' , отличающийся от кода q не менее чем на "1". В результате весь диапазон рабочих частот разбивается на ряд автоматически перекрываемых поддиапазонов, относительная ширина которых определяется пределами перестройки частоты генератора.

Для исключения режима биений при переходе с одного поддиапазона на другой в состав фазометра введен блок 15 контроля и управления режимом. Этот блок следит за изменениями частоты f_r , например, по величине управляющего напряжения. Если частота f_r достигает своего минимального, либо максимального значений, по команде с блока 15 слежение за частотой сигнала прекращается и частота генератора 12 принудительно устанавливается равной ее среднему значению

$$f_{r0} = \frac{1}{2}(f_{\text{мин}} - f_{\text{макс}}).$$

Далее в течение одного периода сигнала находится новое значение кода q_0 , которое записывается в регистр 8 памяти, а затем снова замыкается кольцо обратной связи и элемент 13 автоподстройки частоты продолжает следить за частотой сигнала в новом поддиапазоне. Одновременно этот блок запрещает перезапись информации в регистр 8 памяти и сброс делителя 11 и 14 частоты в режиме слежения.

Введение блока контроля и управления режима уменьшает время подготовки прибора к работе при автоматическом переходе с одного поддиапазона на другой.

Минимально необходимые пределы перестройки подстраиваемого генератора 12 выбираются так, чтобы в наиболее высокочастотном поддиапазоне ($f_{\text{макс}} - f_{\text{мин}}$) значения

$$q_{10} = \left\lceil \frac{f_{r0}}{f_{\text{мин}} K} \right\rceil \text{ и } q_{20} = \left\lceil \frac{f_{r0}}{f_{\text{макс}} K} \right\rceil, \text{ определя-$$

емые на границе поддиапазона, отличались от значения q_0 , установленного на средней частоте поддиапазона F_0 , не менее чем на "1", т.е. $q_{10} \geq q_0 + 1$; $q_{20} \leq q_0 - 1$. Только при этих условиях в устройстве возможен автоматический переход с одного поддиапазона на другой (см. фиг. 2а).

Сформированная частота квантования $f_{\text{кв}} = f_{\text{вых}} = K f_c$ (фиг. 2) поступает на блок автоматики, где в течение одного периода происходит квантование временного интервала,

пропорционального измеряемому сдвигу фаз.

Таким образом, введение новых элементов и связей обеспечивает автоматическое измерение сдвига фаз за период сигнала в широком диапазоне частот, не ограничиваемом в отличие от известного устройства пределами перестройки частоты подстраиваемого генератора. Максимальное значение частоты сигнала и соответственно подстраиваемого генератора определяются быстродействием используемой элементной базы.

Формула изобретения

- 15 Цифровой фазометр, содержащий входные формирователи, подключенные своими выходами к последовательно соединенным управляемому триггеру, блоку автоматики и индикаторному
- 20 счетчику, а также подстраиваемый генератор, делитель частоты и элемент автоподстройки частоты, входы которого связаны с выходами второго входного формирователя и делителя частоты, а выход - с управляющим входом подстраиваемого генератора, о т л и ч а ю щ и й с я т е м, что, с целью
- 25 расширения диапазона рабочих частот и повышения быстродействия, в него введены узел цифрового умножения частоты, содержащий блок формирова-
- 30 ния управляющих импульсов, вход которого связан с выходом второго входного формирователя, последовательно соединенные счетчик, регистр памяти и элемент сравнения кодов, подсоединенный по выходу к блоку автоматики
- 35 и входу делителя частоты, а также первый дополнительный делитель частоты, подключенный выходом ко входу счетчика, и второй дополнительный
- 40 делитель частоты, выходы разрядов которого подключены ко входам элемента сравнения кодов, а вход "сброс" - к выходу элемента сравнения кодов, при этом входы обоих дополнительных
- 45 делителей частоты связаны с выходом подстраиваемого генератора, а выходы блока формирования управляющих импульсов подключены ко входу "записать" регистра памяти и входам
- 50 "сброс" всех делителей частоты и счетчика, также введен блок контроля и управления режимом, подключенный входом к выходу элемента автопод-
- 55 стройки частоты, а выходами - к управляемому входу элемента автоподстройки частоты и блоку формирования управляющих импульсов.

Источники информации,

принятые во внимание при экспертизе

- 60 1. Смирнов П.Т. Цифровые фазометры. "Энергия", 1974, с. 19.

2. Мусонов В.М. и др. Новые идеи в построении цифровых фазометров из преобразования частоты. Фазоизмерительные системы и устройства. Томск

- 65 1974, с. 90

