



СОЮЗ СОВЕТСКИХ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ
РЕСПУБЛИК

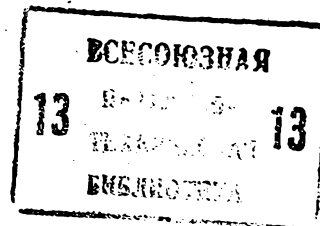
(19) **SU** (11) **1173189 A**

(51) **G 01 F 1/66**

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ



- (21) 3576969/24-10
(22) 11.04.83
(46) 15.08.85. Бюл. № 30
(72) И.А. Чернобай и А.И. Шатковский
(71) Научно-исследовательский институт прикладных физических проблем им. акад. А.Н. Севченко
(53) 681.121(088.8)
(56) 1. Авторское свидетельство СССР № 972223, кл. G 01 F 1/66, 1981.
2. Авторское свидетельство СССР № 523285, кл. G 01 F 1/66, 1976.

(54) (57) ИМПУЛЬСНЫЙ ОДИОКАНАЛЬНЫЙ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ РАСХОДОМЕР, содержащий два управляемых генератора, выходами подсоединенных к входам измерителя разности частот и первого коммутатора, а также последовательно включенные формирователь зондирующих импульсов, второй коммутатор, два приемно-передающих преобразователя, третий коммутатор, усилитель-формирователь и временной селектор,

отличающийся тем, что, с целью повышения точности, в него введены схема временного сравнения, два реверсивных счетчика, два цифроаналоговых преобразователя, а также последовательно включенные счетчик импульсов, синхронизатор и четвертый коммутатор, причем схема временного сравнения одним входом подсоединена к выходу временного селектора, другим входом - к синхронизатору, а выходом - к четвертому коммутатору, связанному с входами реверсивных счетчиков, которые через цифроаналоговые преобразователи подключены к входам управляемых генераторов, при этом вход счетчика импульсов связан с выходом первого коммутатора, а выходы синхронизатора подсоединены к временному селектору, к схеме временного сравнения, к каждому из четырех коммутаторов и формирователю зондирующих импульсов.

09 **SU** (11) **1173189 A**

Изобретение относится к измерительной технике и предназначено для измерения расходов жидких сред в химической, нефтяной, гидрометаллургической и других отраслях промышленности.

Известен импульсный одноканальный ультразвуковой расходомер, основанный на измерении разности временных интервалов при распространении ультразвука по потоку и против него. Измерение осуществляется с помощью высокостабильного генератора, дискретными импульсами которого заполняются измеряемые временные промежутки. Подсчитанная счетчиком разность импульсов является мерой расхода [1].

Недостатком указанного расходомера является невысокая точность измерений, которая ограничивается величиной единицы дискретного отсчета, т.е. периодом колебаний генератора.

Известен импульсный одноканальный ультразвуковой расходомер, содержащий два управляемых по частоте генератора, выходами подсоединенных к входам первого коммутатора, а также последовательно включенные формирователь зондирующих импульсов, второй коммутатор, приемно-передающие преобразователи акустического канала расходомера, третий коммутатор, усилитель-формирователь и временной селектор, при этом вторые выходы управляемых генераторов связаны с измерителем разности частот [2].

Однако для указанного устройства характерна недостаточно высокая точность измерений, обусловленная тем, что известное устройство представляет собой по существу автоматическую систему непрерывного регулирования, имеющую значительную зону нечувствительности, а также невысокую оперативность измерений.

Целью изобретения является повышение точности измерений.

Цель достигается тем, что в импульсный одноканальный ультразвуковой расходомер, содержащий два управляемых генератора, выходами подсоединенных к входам первого коммутатора и измерителя разности частот, а также последовательно включенные формирователь зондирующих импульсов, второй коммутатор, два приемно-передающих преобразователя, третий ком-

мутатор, усилитель-формирователь и временной селектор, введены схема временного сравнения, два реверсивных счетчика, два цифроаналоговых преобразователя, а также последовательно включенные счетчик импульсов, синхронизатор и четвертый коммутатор, причем схема временного сравнения одним входом подсоединена к выходу временного селектора, другим входом - к синхронизатору, а выходом - к четвертому коммутатору, связанному с входами реверсивных счетчиков, которые через цифроаналоговые преобразователи подключены к входам управляемых генераторов, при этом вход счетчика импульсов связан с выходом первого коммутатора, а выходы синхронизатора подсоединены к временному селектору, к схеме временного сравнения, к каждому из четырех коммутаторов и формирователю зондирующих импульсов.

Подстройку перестраиваемых генераторов осуществляют дискретным шаговым регулированием частоты каждого опорного генератора путем обеспечения по цепи обратной связи системы регулирования автоколебательного импульсно-дискретного режима подстройки вокруг точки равновесия, соответствующей равенству времени распространения ультразвука в среде и n -периодам опорного перестраиваемого генератора. Такая подстройка осуществляется как для перестраиваемого генератора с частотой f_1 , пропорциональной скорости распространения ультразвука по потоку среды, так и для перестраиваемого генератора с частотой f_2 , пропорциональной скорости распространения ультразвука против потока среды.

Шаг перестройки выбирают из условия обеспечения заданной точности измерений расхода. Если относительную ошибку измерений обозначим через δ , то очевидно, что единичный шаг Δf_0 перестройки по частоте должен быть не более

$$\Delta f_0 \leq \delta \Delta f \leq \frac{2\delta n \sqrt{\cos \alpha}}{L}.$$

На фиг. 1 приведена блок-схема ультразвукового расходомера; на фиг. 2 - временные диаграммы сигналов расходомера.

Ультразвуковой расходомер содержит (фиг. 1) два управляемых по час-

тоте генератора 1 и 2, выходами подсоединенных к входам первого коммутатора 3, а также последовательно включенные формирователь 4 зондирующих импульсов, второй коммутатор 5, приемно-передающие преобразователи 6 и 7 акустического канала 8 расходомера, третий коммутатор 9, усилитель-формирователь 10 и временной селектор 11, при этом вторые выходы управляемых генераторов 1 и 2 связаны с измерителем 12 разности частот. Кроме того, в него введена схема 13 временного сравнения, выполненная на основе логических элементов И, два реверсивных счетчика 14 и 15 с цифроаналоговыми преобразователями 16 и 17, а также последовательно включенные счетчик 18 импульсов и синхронизатор 19, причем схема 13 временного сравнения одним входом подсоединена к выходу временного селектора 11, вторым входом — к синхронизатору 19, а выходом — к четвертому коммутатору 20, связанному с входами реверсивных счетчиков 14 и 15, которые через цифроаналоговые преобразователи 16 и 17 подключены к входам управляемых по частоте генераторов 1 и 2, при этом вход счетчика 18 импульсов связан с выходом первого коммутатора 3, а выходы синхронизатора подсоединены к временному селектору 11, к схеме 13 временного сравнения и к каждому из четырех коммутаторов 3, 5, 9 и 20.

Расходомер работает следующим образом.

Управляемые по частоте генераторы 1 и 2 вырабатывают непрерывную импульсную последовательность со сравнительно большой частотой, равной, например, 10 МГц. С помощью коммутатора 3 она поочередно подается от управляемых генераторов 1 и 2 на вход счетчика 18 импульсов, к выходу которого подключен синхронизатор, обеспечивающий синхронизированную работу расходомера в целом. С помощью кодовых переключателей, являющихся элементом конструкции синхронизатора 19, выбирают период зондирования, временные моменты переключений коммутаторов 3, 5, 9 и 20 и положение сравниваемого импульса, подаваемого на схему 13 временного сравнения.

Пусть к счетчику 18 импульсов коммутатором 3 подключен управляемый по частоте генератор 1, генерирующий импульсную последовательность U_1 (фиг. 2а). На выходе счетчика 18 формируется в этом случае непрерывно меняющаяся кодовая комбинация, при совпадении которой с кодовой комбинацией кодовых переключателей синхронизатора 19 последний формирует управляющие импульсы, строго сфазированные с колебаниями генератора 1. Первый сформированный синхронизированный импульс с периодом $T_{\text{зонд}}$, обеспечивающим полное затухание реверберационных помех в акустическом канале, подается в момент времени t_1 на вход формирователя 4 зондирующих импульсов, который генерирует короткий возбуждающий импульс U_2 (фиг. 2б), поступающий в этот период измерений через коммутатор 5 на пьезо-преобразователь 7 расходомера.

При возбуждении приемно-передающий преобразователь 7 генерирует ультразвуковой сигнал, который, распространяясь в потоке среды акустического канала 8 расходомера, приобретает дополнительное приращение, равное скорости потока среды, и через время $T_{\text{распр}}$ (фиг. 2в) достигает противоположно расположенного приемно-передающего преобразователя 6. Последний преобразует акустический сигнал в электрический и подает его через коммутатор 9 на вход усилителя-формирователя 10, в котором принятый информационный сигнал усиливается и стабилизируется по амплитуде с помощью автоматической регулировки усиления. Дополнительная частотная селекция, предусмотренная на выходе усилителя-формирователя 10, обеспечивает прохождение на вход временного селектора 11 сигналов с частотой, соответствующей резонансной частоте приемно-передающих преобразователей 6 и 7.

Временной селектор 11 разрешает прохождение принятого информационного сигнала в пределах временных ворот $t_3 - t_4$ (фиг. 2г), сформированных синхронизатором 19, на вход схемы 13 временного сравнения. Схема 13 сравнивает взаимное временное положение выделенного усилителем-формирователем 10 переднего фронта

U_{16} принятого сигнала в момент времени t_2 (фиг. 2д) с передним фронтом сравниваемого импульса U_{19} , поступающего с синхронизатора 19 в момент времени t_5 (фиг. 2е). В зависимости от того, какой импульс поступил раньше на вход схемы 13 временного сравнения, последняя формирует на своем выходе импульсы записи +1 или -1, которые через коммутатор 20 подаются на соответствующие входы реверсивного счетчика 14 (фиг. 2ж и 2и).

Дальнейшая работа расходомера основана на выравнивании временного положения t_5 импульса сравнения U_{19} с временным положением t_2 информационного импульса U_{10} , сформированного по принятому ультразвуковому сигналу. Указанное выравнивание осуществляется по схеме 13 временного сравнения с помощью замкнутой системы автоматической дискретно-шаговой подстройки частоты f , управляемого по частоте генератора 1, состоящей из коммутатора 20, реверсивного счетчика 14, цифроаналогового преобразователя 16, управляемого по частоте генератора 1, коммутатора 3, счетчика 18 импульсов, синхронизатора и схемы 13 временного сравнения.

Предположим, что импульс сравнения U_{19} пришел на схему 13 взаимного временного сравнения раньше (момент времени t_5 , фиг. 2е), чем информационный импульс U_{10} (момент времени t_2 , фиг. 2д). В этом случае на выходе схемы 13 формируется счетный импульс, который через коммутатор 20 подается на счетный вход 1 реверсивного счетчика 14 (фиг. 2ж). Реверсивный счетчик 14 по этому импульсу соответствующим образом изменяет на единицу свое состояние, которое было в него занесено в предыдущие циклы измерений. Код числа, полученный в результате этого, преобразуется цифроаналоговым преобразователем 16 в уровень напряжения U_{16} (фиг. 2к), которым производится подстройка частоты управляемого генератора 1 на величину, равную единичному шагу подстройки, к частоте, пропорциональной скорости распространения ультразвука по потоку среды.

На этом заканчивается период подстройки управляемого по частоте генератора 1 при измерении по потоку среды (в соответствии с направлением движения среды, указанным на фиг. 1). Длинным тактовым импульсом U_{19} , поступившим с синхронизатора (фиг. 2л), коммутаторы 3, 5, 9 и 20 в момент времени t_6 устанавливаются в состояние, обеспечивающее включение управляемого по частоте генератора 2 в измерительный контур расходомера для измерения скорости распространения ультразвука по потоку среды. Процесс подстройки частоты управляемого по частоте генератора 2 осуществляется в описанном порядке по замкнутой цепи: схема 13 взаимного временного сравнения, коммутатор 20, реверсивный счетчик 15, цифроаналоговый преобразователь 17, управляемый по частоте генератора 2, коммутатор 3, счетчик 18 импульсов и синхронизатор.

Предположим, например, что импульс сравнения U_{19} пришел на схему 13 временного сравнения позже (момент времени t_7 , фиг. 2е), чем на информационный импульс U_{10} (момент времени t_8 , фиг. 2д). В этом случае на выходе схемы 13 формируется счетный импульс, который через коммутатор 20 подается уже на счетный вход +1 реверсивного счетчика 15 (фиг. 2и). Реверсивный счетчик 15 также соответствующим образом изменяет свое состояние, увеличивая на единицу числовое значение, полученное им в предыдущие такты измерений. Цифроаналоговый преобразователь 17 преобразует результирующий код числа в уровень напряжения U_{17} (фиг. 2м), которым и производится подстройка управляемого генератора 2, вырабатывающего частоту, пропорциональную скорости ультразвука против потока среды. Далее длинный тактовый импульс U_{19} (фиг. 2л) заканчивается, и расходомер с помощью коммутаторов 3, 5, 9 и 20 снова переходит в режим измерения и подстройки генератора 1, вырабатывающего частоту, пропорциональную скорости ультразвука по потоку среды.

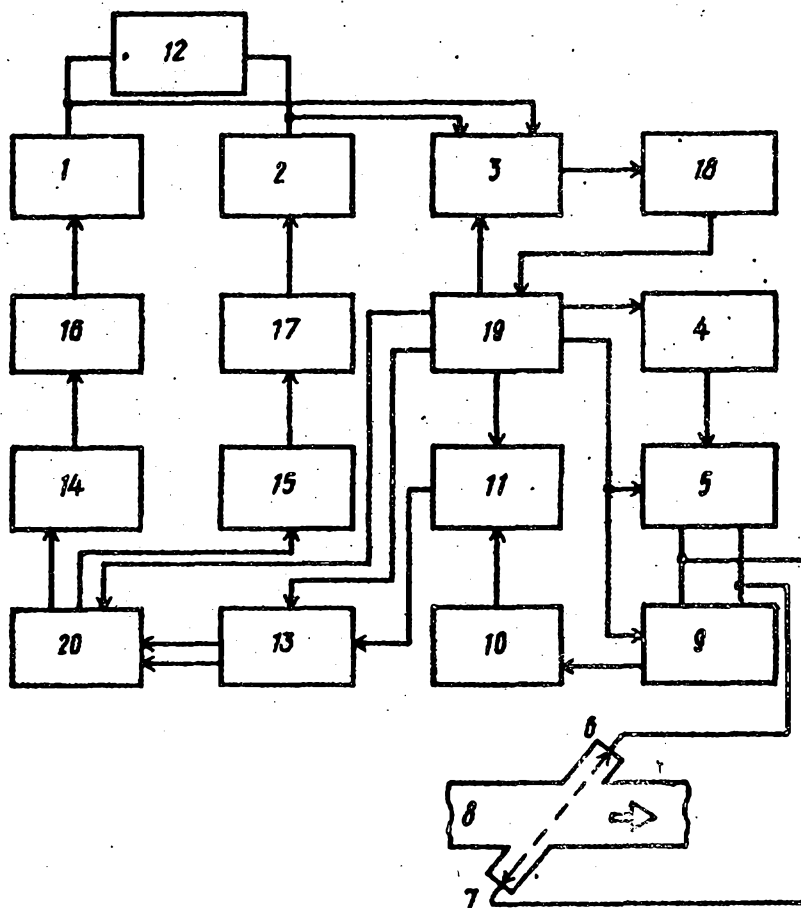
Таким образом, осуществляется подстройка частот генераторов 1 и 2 по каждому периоду измерений дискретно-шаговым регулированием до тех

пор, пока не произойдет выравнивание моментов времени t_5 , t_7 прихода импульсов сравнения с синхронизатора и моментов времени t_2 , t_8 информационных импульсов по каждому из направлений измерения скорости ультразвука. При достижении сравнения указанных моментов времени на величину, по времени меньшую дискретного шага подстройки, система автоматической подстройки частоты осуществляет в одни периоды работы автоколебательный импульсно-дискретный режим подстройки вокруг момента времени t_2 , соответствующего времени распространения ультразвука по потоку среды, а в другие периоды работы - автоколебательный импульсно-дискретный режим вокруг момента времени t_8 , соответствующего распространению ультразвука против потока среды. В свою очередь, такой же автоколебательный режим работы

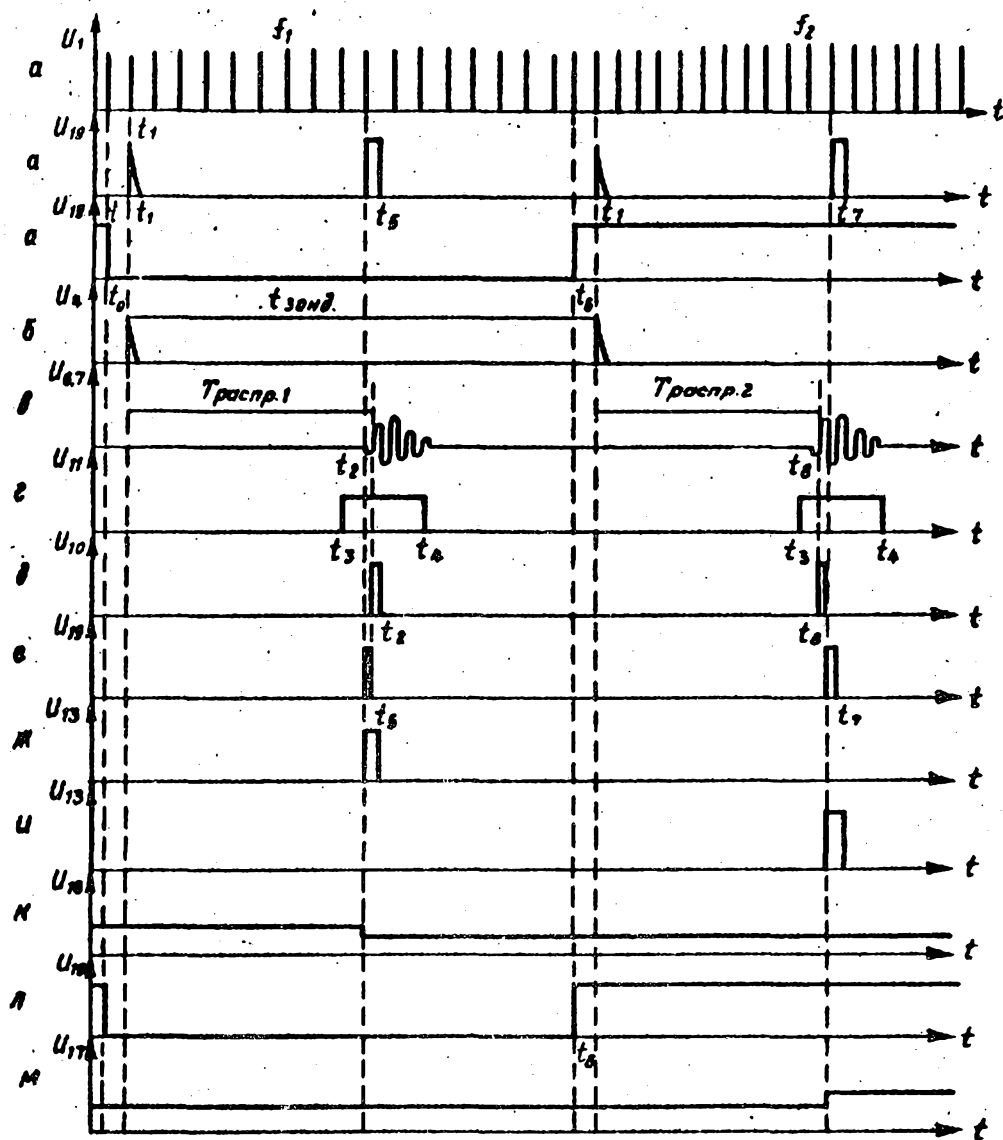
совершают и частоты f_1 и f_2 управляемых генераторов 1 и 2. Усредненное значение частоты управляемого по частоте генератора 1, полученное в результате этого, пропорционально скорости распространения ультразвука по потоку среды, а усредненное значение частоты управляемого по частоте генератора 2 пропорционально скорости распространения ультразвука против потока среды.

Измеритель 12 разности частот, подключенный к выходам управляемых по частоте генераторов 1 и 2, регистрирует разностную величину их частот, пропорциональную скорости потока среды в акустическом канале расходомера.

Испытания расходомера показали, что его можно применять в тех областях науки, техники и производства, где требуется измерять расход жидких сред с высокой точностью.



Фиг.1



Фиг. 2