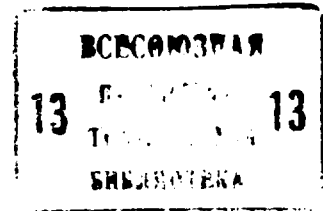




ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ



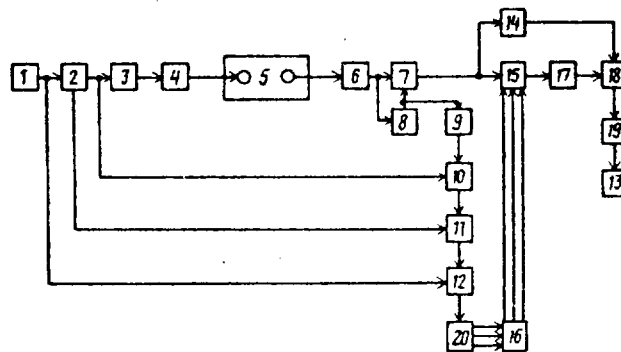
ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

- (21) 4000661/24-24
- (22) 30.12.85
- (46) 23.05.87. Бюл. № 19
- (71) Минский радиотехнический институт
- (72) В.А. Чердынцев и Н.Б. Киреев
- (53) 621.374.32(088.8)
- (56) Шахгильдян В.В., Ляховкин А. А. Системы фазовой автоподстройки частоты. - М.: Связь, 1972, с. 267.

Авторское свидетельство СССР
№ 1231522, кл. G 06 M 11/02, 1984.
(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ СЧЕТА ДВИЖУЩИХСЯ
ОБЪЕКТОВ

(57) Изобретение относится к средствам неразрушающего контроля, основанным на использовании свойств физических полей, в частности к электрическим счетно-регистрирующим устройствам, и может быть использовано в водных и полупроводящих средах для учета движущихся объектов как живой, так и неживой природы. Целью изобретения является повышение точности счета движущихся объектов за счет уменьшения влияния шумов электродных датчиков и окружающей среды путем применения амплитудно-фазовой корреляци-

онной обработки сигналов. Устройство содержит генератор 1 тактовых импульсов, делитель 2 частоты, фильтр 3, первый усилитель 4, датчик 5, второй усилитель 6, умножитель 7, блок 8 фазовой автоподстройки частоты, первый формирователь 9 импульсов, второй формирователь 10 импульсов, элемент 11 задержки, ключ 12, первый счетчик 13, источник опорного напряжения 14, цифроаналоговый преобразователь 15, регистр 16, интегратор 17, компаратор 18, дифференцирующий элемент 19 и второй счетчик 20. Преимущество устройства по сравнению с известным заключается в том, что в результате определения взаимной корреляционной функции амплитудного и фазового каналов уменьшается влияние термодинамических, гальванических шумов электродов датчика, шумов, связанных с движением и поверхностным волнением полупроводящей среды. Таким образом, повышается точность счета объектов, увеличивается вероятность правильного обнаружения при уменьшении вероятности ложной тревоги. 3 ил.



Фиг.1

(19) SU (11) 1312623 A1

Изобретение относится к средствам неразрушающего контроля, основанным на использовании свойств физических полей, в частности к электрическим счетно-регистрирующим устройствам, и может быть использовано в водных и полупроводящих средах для учета движущихся объектов как живой, так и неживой природы.

Целью изобретения является повышение точности счета движущихся объектов за счет уменьшения влияния шумов электродных датчиков и окружающей среды путем применения амплитудно-фазовой коррекционной обработки сигналов.

На фиг. 1 представлена функциональная схема предлагаемого устройства; на фиг. 2 - эюры напряжений на выходах отдельных блоков устройства; на фиг. 3 - вариант включения первого усилителя, электродов датчика и второго усилителя с помощью согласующих трансформаторов.

Устройство содержит генератор 1 тактовых импульсов, делитель 2 частоты, фильтр 3, первый усилитель 4, датчик 5, второй усилитель 6, умножитель 7, блок 8 фазовой автоподстройки частоты, первый формирователь 9 импульсов, второй формирователь 10 импульсов, элемент 11 задержки, ключ 12, первый счетчик 13, источник 14 опорного напряжения, цифроаналоговый преобразователь 15, регистр 16, интегратор 17, компаратор 18, дифференцирующий элемент 19, второй счетчик 20.

Генератор 1 служит для создания импульсного напряжения прямоугольной формы, при этом частота следования прямоугольных импульсов выбирается из условия требуемой точности определения фазовых сдвигов, вызванных прохождением объекта, и лежит в интервале от сотен килоггерц до десятков мегагерц.

Делитель 2 частоты служит для формирования прямоугольных импульсов низкой частоты, синхронных импульсам генератора 1 прямоугольных импульсов.

Фильтр 3 служит для формирования низкочастотного переменного напряжения синусоидальной формы из импульсов прямоугольной формы с выхода делителя 2 частоты. При этом фильтр 3 настраивается на первую гармонику

последовательности прямоугольных импульсов и реализуется по известным схемам активных RC-фильтров на базе операционных усилителей серий 140, 153.

Первый усилитель 4 служит для усиления синусоидального сигнала с выхода фильтра 3 и согласования выходного сопротивления системы с сопротивлением электрод-среда и может быть выполнен на транзисторах по известным схемам линейных усилителей мощности или преобразователей напряжения в ток, при этом желательно, чтобы согласование с электродами выполнялось при помощи специальных согласующих трансформаторов (фиг.3).

Датчик 5, состоящий из пары электродов, служит для создания в контролируемой зоне переменного электрического поля. В качестве электродов могут быть использованы металлические или графитовые стержни, пластины и т.д.

Второй усилитель 6 служит для усиления синусоидального сигнала с датчика 5 и согласования сопротивления перехода среда - электрод с входным сопротивлением приемной части устройства и реализуется по известным схемам на базе транзисторов или малошумящих операционных усилителей, при этом предпочтительнее сигнал с выхода датчика 5 подавать на вход второго усилителя 6 также при помощи специального согласующего трансформатора.

Умножитель 7 служит для перемножения сигнала с выхода второго усилителя 6 и когерентного опорного сигнала с выхода блока 8 фазовой автоподстройки частоты.

Блок 8 фазовой автоподстройки частоты формирует опорный сигнал, когерентный сигналу с выхода второго усилителя 6.

Первый формирователь 9 импульсов преобразует сигнал с выхода системы 8 фазовой автоподстройки частоты в однополярные прямоугольные импульсы.

Второй формирователь 10 импульсов формирует прямоугольные импульсы положительной полярности, длительность которых прямо пропорциональна разности фаз между сигналом с первого выхода делителя 2 частоты и сигналом с выхода первого формирователя 9 импульсов, и реализуется, например,

при помощи RS-триггеров серий 155, 134 и т.д., при этом один из сигналов подается на вход R, а другой - на вход S.

Элемент 11 задержки обеспечивает временную задержку прямоугольных импульсов с выхода второго формирователя 10 импульсов, обуславливая тем самым интервал корреляции τ_k .

Ключ 12 коммутирует выход генератора 1 тактовых импульсов с выходом счетчика 20 в момент прихода положительного импульса на управляющий вход, выполняя таким образом функцию логического умножения И.

Счетчик 20 служит для счета импульсов тактовой частоты с выхода логического ключа 12, число которых пропорционально разности фаз опорного сигнала с первого выхода делителя 2 частоты и сигнала с выхода формирователя 9 прямоугольных импульсов.

Источник 14 опорного напряжения формирует однополярный опорный уровень напряжения, пропорциональный среднему уровню выходного напряжения умножителя 7, при этом источник 14 опорного напряжения реализуется по известным схемам активных фильтров низких частот, постоянная времени которых выбирается такой, что прохождение объекта между электродами датчика 5 практически не вызывает изменения уровня напряжения на выходе, а коэффициент пропорциональности определяется из соотношения условных вероятностей правильного обнаружения $P_{по}$ по вероятности ложной тревоги $P_{лт}$.

Цифроаналоговый преобразователь 15 служит для перемножения аналогового сигнала с выхода умножителя 7 и цифрового сигнала с выхода регистра 16 с одновременным преобразованием результата в аналоговый сигнал и может быть реализован, например, на базе цифроаналоговых преобразователей типа K572ПА1.

Регистр 16 служит для записи и хранения информации с выходов счетчика 13.

Интегратор 17 служит для интегрирования напряжения с выхода цифроаналогового преобразователя 15.

Компаратор 18 вырабатывает импульс положительной полярности в определенный момент наблюдения, т.е. в самом конце интервала интегрирования

интегратора 17, в случае если уровень выходного напряжения интегратора 17 превышает опорный уровень напряжения, задаваемый источником 14 опорного напряжения.

Дифференцирующий элемент 19 формирует сигнал счета объектов.

Первый счетчик 13 предназначен для накопления и индикации результата счета импульсов, поступающих с выхода дифференцирующего элемента 19.

Устройство работает следующим образом.

Генератор 1 тактовых импульсов вырабатывает импульсы положительной полярности, частота следования которых лежит в пределах от сотен килогерц до десятков мегагерц (фиг. 2а), на выходах делителя 2 частоты понижается до предела от сотен герц до единиц килогерц (фиг. 2б), что обусловлено условиями распространения электромагнитных волн в полупроводящих средах. Узкополосный фильтр 3 выделяет первую гармонику периодических импульсов последовательности, преобразуя тем самым последовательность прямоугольных импульсов в синхронный сигнал синусоидальной формы (фиг. 2в).

Далее синусоидальный сигнал усиливается первым усилителем 4 и поступает на электроды датчика 5. В результате в зоне контроля между электродами датчика 5 образуется квазистационарное электромагнитное поле токов проводимости. Пересечение объектом пространства между электродами вызывает эквивалентное изменение проводимости зоны контроля, меняется амплитуда и фаза токов проводимости.

Сигнал на входе второго усилителя 6 представляет собой синусоидальное напряжение, амплитуда и фаза которого связаны с собственной проводимостью участка среды между электродами датчика 5, т.е. с проводимостью как самой среды, так и с наличием объекта, пересекающего зону контроля.

Дальнейшая обработка сигнала проводится по амплитудному и фазовому каналам. Оценка по амплитуде $\lambda^*(t)$ и задержанная на временной интервал τ_k оценка по фазе $\psi^*(t - \tau_k)$ коррелируются с помощью цифроаналогового преобразователя 15 и интегратора 17, в результате чего на выходе интегратора

ра 17 формируется амплитудно-фазовый корреляционный сигнал

$$R(t) = \int_0^T \lambda^*(t) \cdot \dot{\psi}^*(t - \tau_k) \cdot dt, \quad (1)$$

где $R(t)$ - напряжение на выходе интегратора 17;

$\lambda^*(t)$ - оценка по амплитуде;

$\dot{\psi}^*(t - \tau_k)$ - оценка по фазе с временной задержкой;

T - время интегрирования.

Значение $R(t)$ сравнивается в момент времени T с пороговым напряжением. Таким образом решается задача обнаружения, что позволяет судить о наличии или отсутствии объекта, пересекающего зону контроля, с максимальной вероятностью правильного обнаружения $P_{по}$ при заданной вероятности ложной тревоги $P_{лт}$. Оптимальный выбор задержки τ_k и времени интегрирования T позволяет значительно уменьшить влияние гальванических и термодинамических шумов электродов, шумов, вызванных турбулентными движениями и волнением среды, дробовых шумов перехода электрод - среда.

Оценка по амплитуде $\lambda^*(t)$ и оценка по фазе $\dot{\psi}^*(t - \tau_k)$ с задержкой на временной интервал τ_k получаются следующим образом. Блок 8 фазовой автоподстройки частоты формирует сигнал синусоидальной формы, когерентный выходному напряжению второго усилителя 6 (фиг. 21). Умножитель 7, перемножая выходные напряжения усилителя 6 и блока 8 фазовой автоподстройки частоты, осуществляет синхронное детектирование сигнала, и таким образом определяется оценка по амплитуде $\lambda^*(t)$. Кроме умножителя 7, выходное напряжение блока 8 фазовой автоподстройки частоты поступает на первый формирователь 9 импульсов, который преобразует синусоидальный сигнал в синхронную последовательность положительных импульсов прямоугольной формы (фиг. 22). Эта последовательность подается на вход второго формирователя 10 импульсов, на другой вход которого подаются импульсы с выхода делителя 2 частоты. С выхода второго формирователя 10 импульсов снимаются импульсы положительной полярности, длительность которых прямо пропорциональна фазовым сдвигам за счет флуктуаций проводимости среды и наличия объекта в контролируе-

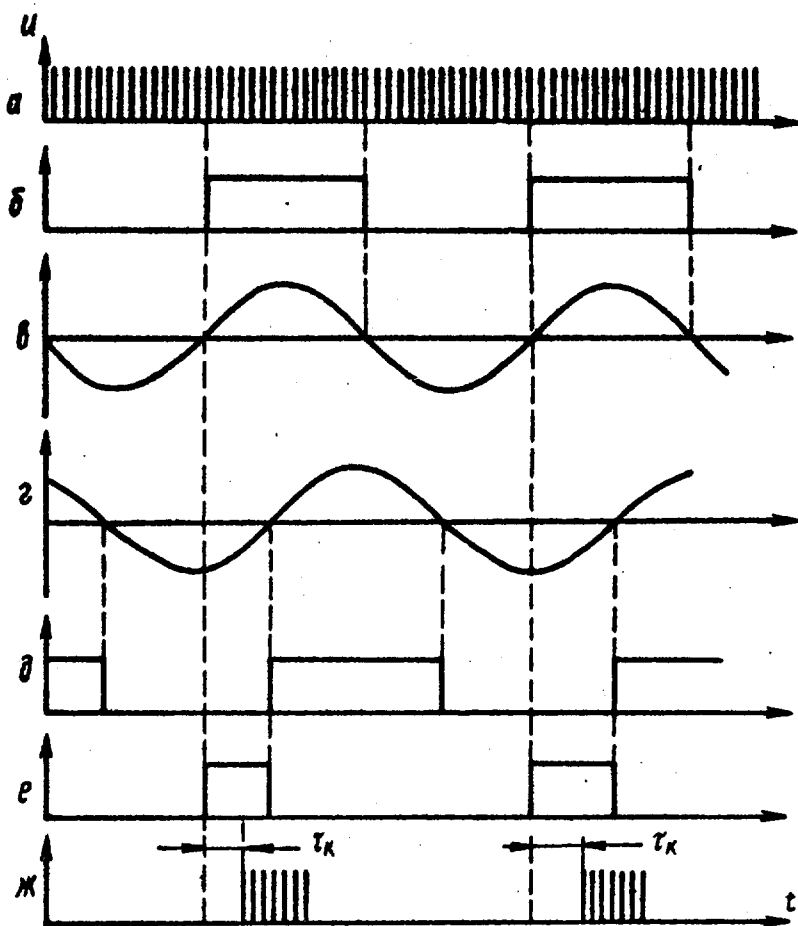
мой зоне (фиг. 2e). Далее сигнал поступает на вход элемента 11 задержки, который представляет собой цепочку сдвиговых регистров, тактируемых прямоугольными импульсами с выхода делителя 2 частоты. Изменяя коэффициент деления частоты на втором выходе делителя 2 частоты, можно варьировать частоту следования тактирующих импульсов, что позволяет уменьшать или увеличивать интервал временной задержки τ_k оценки по фазе $\dot{\psi}^*(t - \tau_k)$. Возможность оптимального выбора значений задержки τ_k и интервала интегрирования T позволяет адаптировать систему в целом к воздействию определенного вида помех. Так, при отсутствии флуктуационных помех, вызванных, например, поверхностным волнением среды, основным источником шумов являются термодинамические шумы усилительных каскадов и нестабильности питающей сети. Это, в основном, шумы с широким спектром и малым интервалом корреляции, поэтому для улучшения чувствительности устройства полезно уменьшить временную задержку τ_k и время интегрирования T . В случае сильного воздействия флуктуационной составляющей, связанной с поверхностным волнением среды, наоборот, целесообразнее увеличивать временную задержку по фазе τ_k и время интегрирования T . Генератор 1 тактовых импульсов, ключ 12 и счетчик 20 осуществляют преобразование время - код для импульсов с выхода элемента 11 задержки, длительность которых прямо пропорциональна оцениваемому фазовому сдвигу. Как только на управляющем входе ключа 12 появляется импульс положительной полярности, тактовые импульсы с выхода генератора 1 тактовых импульсов поступают на вход счетчика 20 (фиг. 2ж). На информационных выходах счетчика 20 в каждый новый период несущей частоты, т.е. сигнала с первого выхода делителя 2 частоты, появляется информация в двоичном коде о задержанной на интервал τ_k оценке фазового сдвига между исходным сигналом с выхода первого усилителя 4 и принятым сигналом с выхода второго усилителя 6. Далее информация переписывается и хранится в регистре 16, информационные выходы которого связаны с цифровыми входами цифроана-

логового преобразователя 15, что обеспечивает неизменность выходного уровня последнего в моменты счета тактовых импульсов счетчиком 20. Цифроаналоговый преобразователь 15 перемножает аналоговый сигнал оценки по амплитуде $\lambda(t)$ на задержанную оценку по фазе $\psi(t - \tau_k)$, которая содержится в двоичном коде на выходах регистра 16. Далее результат интегрируется и формируется амплитудно-фазовый корреляционный сигнал, который поступает на первый вход компаратора 18, на второй вход которого подается опорный сигнал с выхода источника 14 опорного напряжения. Источник 14 опорного напряжения является низкочастотным активным фильтром, постоянная времени которого выбрана таким образом, что его выходной сигнал изменяется только под действием сверхнизкочастотных флуктуаций проводимости среды, вызванных суточными изменениями ее температуры и состава, а объекты, пересекающие зону контроля, не оказывают на него существенного влияния. Коэффициент передачи источника 14 опорного напряжения задается исходя из статистических характеристик обнаружителя, аналогично известным, например, в локации и связи системам обнаружения. При превышении в момент времени $t=T$ напряжением на выходе интегратора 17 порога, задаваемого источником 14 опорного напряжения, делается вывод о пересечении зоны контроля объектов, и на выходе компаратора 18 появляется уровень, отличный от нулевого, который на выходе дифференцирующего элемента 19 преобразуется в импульсы, счет которых осуществляется счетчиком 20.

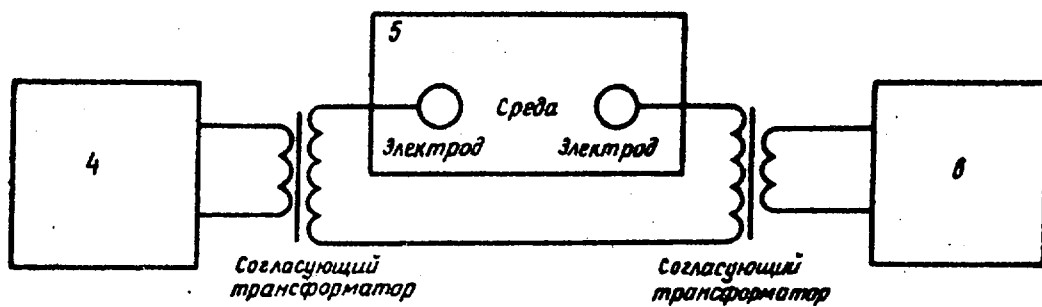
Преимущество предлагаемого устройства по сравнению с известными заключается в том, что в результате определения взаимной корреляционной функции амплитудного и фазового каналов уменьшается влияние термодинамических, гальванических шумов электродов датчика, шумов, связанных с движением и поверхностным волнением полупроводящей среды. Таким образом, повышается точность счета объектов, увеличивается вероятность правильного обнаружения при уменьшении вероятности ложной тревоги.

Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

Устройство для счета движущихся объектов, содержащее делитель частоты, усилители, датчик, первый формирователь импульсов, интегратор, выход которого подключен к первому входу компаратора, выход которого соединен через дифференцирующий элемент с входом первого счетчика, отличающееся тем, что, с целью повышения точности счета движущихся объектов путем применения амплитудно-фазовой корреляционной обработки сигналов, в него введены генератор тактовых импульсов, фильтр, умножитель, блок фазовой автоподстройки частоты, второй формирователь импульсов, элемент задержки, ключи, второй счетчик, регистр, цифроаналоговый преобразователь и источник опорного напряжения, выход первого усилителя подключен через датчик к входу второго усилителя, выход генератора тактовых импульсов соединен с входом делителя частоты и с управляющим входом ключа, выход которого соединен с входом второго счетчика, выходы которого через регистр подключены к соответствующим первым входам цифроаналогового преобразователя, выход которого соединен с входом интегратора, первый выход делителя частоты подключен к первому входу элемента задержки, выход которого соединен с информационным входом ключа, второй выход делителя частоты подключен к первому входу второго формирователя импульсов и через фильтр к входу первого усилителя, выход второго усилителя соединен с входом блока фазовой автоподстройки частоты и первым входом умножителя, выход которого подключен к второму входу цифроаналогового преобразователя и через источник опорного напряжения к второму входу компаратора, выход блока фазовой автоподстройки частоты соединен с вторым входом умножителя и входом первого формирователя импульсов, выход которого подключен к второму входу второго формирователя импульсов, выход которого соединен с вторым входом элемента задержки.



Фиг. 2



Фиг. 3

Редактор О. Бугир

Составитель И. Рыбаков

Техред П. Олийных

Корректор А. Обручар

Заказ 1973/50

Тираж 673

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета СССР

по делам изобретений и открытий

113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Производственно-полиграфическое предприятие, г. Ужгород, ул. Проектная, 4