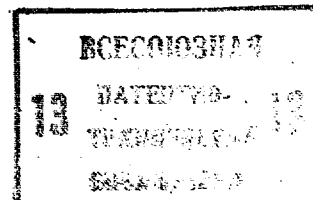




3(5D) G. 06 M 11/02

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР  
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

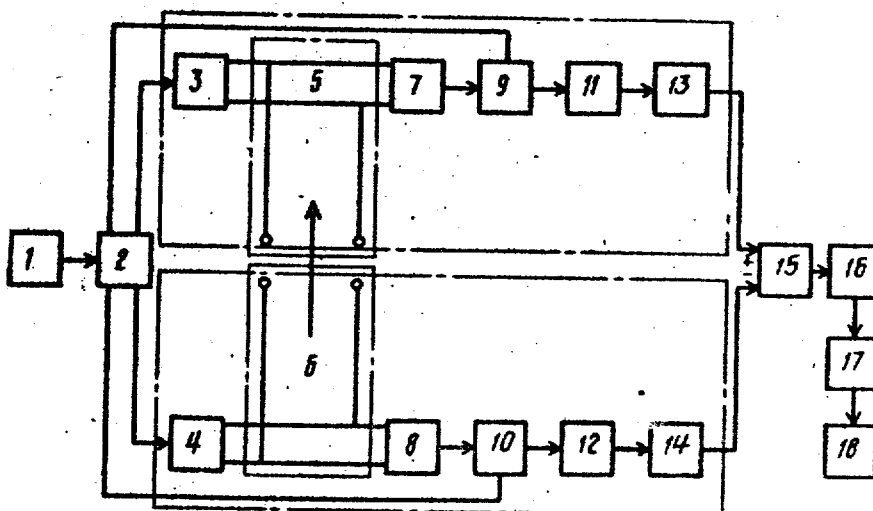
# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ



- (21) 3365914/18-24
- (22) 18.12.81
- (46) 15.04.83. Бюл. № 14
- (72) А.И. Бондарчук, А.И. Макаров, С.М. Лапшин и А.Е. Пожелаев
- (71) Минский радиотехнический институт
- (53) 621.374.32(088.8)
- (56) 1. Авторское свидетельство СССР № 845166, кл. G 06 M 11/02, 1981.
- 2. Авторское свидетельство СССР по заявке № 3342322/18-24, кл. G 06 M 11/02, 1981 (прототип).

(54) (57) УСТРОЙСТВО ДЛЯ УЧЕТА ДВИЖУЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ, содержащее генератор напряжения, датчики, сумматор, дифференцирующий элемент, выход которого соединен с регистратором, отличающееся тем, что, с целью повышения точности устройства,

в него введены регистр сдвига, преобразователи напряжения в ток, усилители, блоки умножения, фильтры низких частот, делители напряжений и компаратор, генератор напряжения подключен к входу регистра сдвига, выходы которого соединены со входами соответствующих преобразователей напряжения в ток и с первыми входами блоков умножения, выходы которых через соответствующие последовательно соединенные фильтры низких частот и делители напряжения подключены ко входам сумматора, выход которого соединен со входом компаратора, выход которого подключен к дифференцирующему элементу, выходы преобразователей напряжения в ток подключены ко входам соответствующих датчиков, выходы которых через усилители подключены ко вторым входам блоков умножения.



Фиг. 1

(19) **SU** (11) **1012292** **A**

Изобретение относится к средствам неразрушающего контроля, основанных на использовании свойств физических полей, в частности к электрическим счетно-регистрирующим устройствам, устройствам отбраковки по физическим признакам и направлению движения, и может быть использовано с преимуществом в водных и полупроводящих средах для контроля движущихся объектов живой и неживой природы.

Известно устройство для количественного учета движущихся объектов в потоке воды, содержащее генератор, потенциометры, рабочие и контрольные электроды, образующие соответствующие ячейки, причем каждая из ячеек имеет пары параллельных электродов с межэлектродным расстоянием в парах, соизмеримым с линейным поперечным размером объекта, измеренном относительно направления его движения, смещенных между собой вдоль и на длину объекта, определяемую по направлению его движения, и образующих противоположные стенки ячеек с расстоянием между ними, соизмеримым с поперечным размером объекта по отношению к его длине, коммутатор, фазовый детектор, регистрирующее устройство, при чем выход генератора подключен к первым и вторым (рабочим) электродам через соответствующие первые и вторые потенциометры так, что образуется мостовая схема, в измерительную диагональ которой к потенциометрам через коммутатор включен фазовый детектор, выход которого соединен с регистрирующим устройством, причем объекты проходят только между первыми парами электродов [1].

Недостатком известного устройства является низкая точность.

Наиболее близким по технической сущности к изобретению является устройство для учета движущихся объектов, содержащее генератор напряжения, выход которого подключен ко входу делителя частоты первого измерительного канала, ко входу первого датчика и к первому входу фазового детектора второго измерительного канала, второй вход которого соединен с выходом полосового фильтра, выходы делителя частоты первого измерительного канала подключены ко входу датчика сопротивления своего канала и к первому входу фазового детектора, второй вход

которого соединен с выходом полосового фильтра, выходы датчиков подключены ко входам соответствующих полосовых фильтров, выходы фазовых детекторов соединены со входами сумматора, выход которого через последовательно соединенные пороговый элемент и дифференцирующий элемент подключен к регистратору [2].

Недостатком данного устройства является также низкая точность.

Цель изобретения - повышение точности устройства.

Цель достигается тем, что в устройстве, содержащее генератор напряжения, датчики, сумматор, дифференцирующий элемент, выход которого соединен с регистратором, введены регистр сдвига, преобразователи напряжения в ток, усилители, блоки умножения, фильтры нижних частот, делители напряжения и компаратор, генератор напряжения подключен ко входу регистра сдвига, выходы которого соединены со входами соответствующих преобразователей напряжения в ток и с первыми входами блоков умножения, выходы которых через соответствующие последовательно соединенные фильтры нижних частот и делители напряжения подключены ко входам сумматора, выход которого соединен со входом компаратора, выход которого подключен к дифференцирующему элементу, выходы преобразователей напряжения в ток подключены ко входам соответствующих датчиков, выходы которых через усилители подключены ко вторым входам блоков умножения.

На фиг. 1 представлены блок-схема устройства для количественного учета движущихся объектов; на фиг. 2-5 - эпюры напряжения указанного устройства.

Схема включает генератор 1 напряжения, регистр 2 сдвига, первый и второй преобразователи 3 и 4 напряжения в ток, первый и второй датчики 5 и 6, содержащие электроды с межэлектродным расстоянием в парах, соизмеримым с линейным поперечным размером объекта, измеренном относительно направления его движения, первый и второй усилители 7 и 8, первый и второй блоки 9 и 10 умножения, первый и второй фильтры 11 и 12 нижних частот, первый и второй делители 13 и 14 напряжения, сумматор 15, компаратор 16,

дифференцирующий элемент 17 и регистратор 18. При этом выход генератора 1 напряжения соединен со входом регистра 2 сдвига, первый выход которого последовательно соединен через первый преобразователь 3 напряжения в ток, первый датчик 5, первый усилитель 7, первый вход первого блока 9 умножения, первый фильтр 11 нижних частот, первый вход сумматора 15, компаратор 16, дифференцирующий элемент 17 с регистратором 18, второй выход регистра 2 сдвига последовательно соединен через второй преобразователь 4 напряжения в ток, второй датчик 6, второй усилитель 8, первый вход второго блока 10 умножения, второй фильтр 12 нижних частот, второй делитель 14 напряжения со вторым входом сумматора 15, третий выход регистра 2 сдвига соединен со вторым входом первого блока 9 умножения, четвертый выход регистра 2 сдвига соединен со вторым входом второго блока 10 умножения, причем пары электродов первого и второго датчиков 5 и 6, установлены параллельно и соосно так, что образуют два параллельных плоских поля, пересекающих траекторию движения объекта, а расстояние между парами электродов составляет менее двадцатой части линейного размера объекта, измеренного в направлении его движения. На фиг. 1 пунктиром выделены I и II измерительные каналы.

Электроды первого и второго датчиков 5 и 6, выполненные в виде проводящих стержней, могут быть одинаковой длины и сгруппированы по парам. В каждой паре электроды параллельны между собой так, что при подключении к ним напряжения между ними образуется плоскопараллельное поле. Взаимное пространственное положение электродов можно представить следующим образом.

Если в вершинах плоского прямоугольного четырехугольника восстановить перпендикуляры к плоскости, то перпендикулярам соответствует расположение двух пар протяженных электродов в пространстве. Причем меньшей стороне прямоугольника соответствует расстояние между парами электродов, которое выбирается из условия менее двадцатой части длины объекта. Большая сторона прямоугольника определяет расстояние между электродами в каждой из пар. Это расстояние выби-

рается с одной стороны, чтобы между электродами в каждой паре прошел объект, с другой стороны, чтобы выполнялось условие образования квазистатического плоскопараллельного поля между электродами в каждой паре при подаче на них переменного напряжения, например при импульсном сигнале генератора, расстояние между электродами в каждой паре должно быть значительно меньше длины волны сигнала, имеющего наибольшую из частот.

Генератор 1 служит для создания импульсного напряжения прямоугольной формы. Может быть использован стандартный генератор, например, для счета объектов в воде - низкочастотный генератор типа Г5-54, либо мультивибратор, выполненный на микросхемах типа К 155 ЛАЗ. Нижняя частота импульсного сигнала генератора должна быть в 2-3 раза выше максимально возможной радиальной скорости прохождения объектом промежутка между электродами, а верхняя частота определяется условиями затухания сигнала (или его распространения) в донной среде. Например, для соленой воды рекомендуются частоты следования импульсов 5-10 кГц при использовании системы для контроля движущихся рыб.

Регистр 2 сдвига предназначен для обеспечения поочередной выдачи прямоугольных импульсов в I измерительный канал с первого выхода регистра и во II измерительный канал со второго выхода регистра так, чтобы эти импульсы не перекрывались во времени. Это обеспечивает развязку по времени процесса измерения на электродах датчиков 5 и 6.

На третьем выходе регистра сдвига формируется импульс, ортогональный к импульсу первого (!) выхода, а на четвертом выходе регистра сдвига формируется импульс, ортогональный к импульсу второго выхода регистра сдвига, т.е. регистр 2 обеспечивает формирование четырех ортогональных между собой импульсных сигналов, что позволяет развязать по электрическому полю токов измерительные каналы на парах электродов датчиков 5 и 6 обеспечить нормальную работу аналоговых перемножителей 9 и 10. Регистр 2 сдвига может быть полностью реализован на микросхемах К 155 ИР1. Ортогональность сигнала на третьем

выходе по отношению к сигналу на первом выходе и сигнала на четвертом выходе по отношению к сигналу на втором выходе может быть получена, например, путем смещения соответствующих импульсов на  $1/2$  такта.

Преобразователи 3 и 4 напряжения в ток предназначены для обеспечения большого выходного сопротивления, что обеспечивает повышенную чувствительность системы по напряжению к колебаниям нагрузки на электродах датчиков 5 и 6 в соответствующих каналах I и II. Преобразователи 3 и 4 напряжения в ток могут быть выполнены на операционных усилителях типа К 140 УД8.

Пары электродов датчиков 5 и 6 служат для создания в зоне контроля двух квазистатических плоскопараллельных полей на пути прохождения объектов. Выбор расстояния между параллельными полями намного меньше, чем длина объекта по направлению его движения, позволяет обеспечить возможность получения дифференциальной функции на выходе дифференциального усилителя сумматора 15 от функции проводимости объекта по его длине. Это обстоятельство, например, приводит к обязательному получению изменения знака сигнала на выходе сумматора 15 при прохождении объекта, так как любой объект всегда имеет хотя бы один максимум по проводимости, например для рыбы максимальная проводимость в центре ее максимального утолщения (фиг. 3, эпюра  $\alpha - 1, 2$ ). Поэтому подсчет нулевых переходов позволяет более точно оценивать количество прошедших объектов при условии знания признаков (числа) нулевых переходов для каждого типа объекта.

К каждой паре электродов, лежащих в одной плоскости, можно условно восстановить к плоскости ось симметрии. Оптимальную пространственную ориентацию и расположение электродов, как показало моделирование, можно представить следующим образом.

К каждой паре параллельных электродов, лежащих в одной плоскости, можно восстановить перпендикулярно к плоскости ось симметрии (ось симметрии пронизывает плоскость в точке пересечения диагональных прямых, соединяющих вершины электродов, также

принадлежащих плоскости). В пространстве оси симметрии обеих пар электродов совпадают и ориентированы по направлению движения объектов, а сами электроды должны быть строго параллельны друг другу также между парами. Такое расположение электродных пар можно определить как установление пар электродов в пространстве параллельно и соосно. В качестве электродов могут быть использованы провода, трубы, протяженные пластины с произвольным изгибом по своей длине.

Усилители 7 и 8 предназначены для усиления сигналов по напряжению, возникающих на электродах датчиков 5 и 6, например, при прохождении между электродами каждой пары объекта. В качестве усилителей 7 и 8 могут быть использованы микросхемы типа К 140 УД8.

Блоки 9 и 10 умножения используются для выделения информационного сигнала, возникающего в случае изменения импеданса между электродами за счет проходящего объекта. В качестве аналогового перемножителя может быть использована микросхема типа К 140 МА1.

Фильтры 11 и 12 нижних частот служат для выделения и формирования низкочастотных информационных сигналов. Постоянная времени фильтров выбирается, например, такой, чтобы усреднить величины импульсных напряжений, поступающих с соответствующих выходов перемножителей, т.е. чтобы преобразовать импульсные информационные сигналы в непрерывный токовый сигнал. Фильтры 11 и 12 нижних частот могут быть, например, фильтрами Чебышева 6-го порядка с неравномерностью в полосе пропускания 3 дБ и выполненные, например, на микросхеме К 140 УД8.

Делители 13 и 14 напряжения предназначены для регулировки амплитуд сигналов в измерительных каналах I и II так, например, чтобы в отсутствие каких-либо возмущений в контрольной зоне, где расположены электроды, на выходе сумматора 15 было нулевое напряжение. В качестве делителей 13 и 14 могут быть использованы неинвертирующий усилитель с регулируемым коэффициентом усиления 2-20 на микросхеме К 140 УД8, либо стандартные резисторные потенциометры. Сумматор 15, выполненный на дифференциальном усилителе, выполняет функ-

цию схемы сравнения сигналов так, что поступающие с I и II измерительных каналов сигналы взаимовычитания сравниваются. В качестве сумматора 15 может быть использована, например, микросхема К 140 УД8 по схеме с коэффициентом  $k = 1-100,0$ .

Компаратор 16 формирует сигнал постоянной амплитуды, знак которого определяется знаком фазы разностного сигнала на выходе сумматора 15. В качестве компаратора может быть использован усилитель-ограничитель, триггеры, например, триггер Шмидта типа К155ТЛ1 (А, Б, В), либо компаратор типа К 521 СА3.

Дифференцирующее устройство 17 формирует импульсы, полярность которых определяется знаком наклона (перелома) по напряжению сигнала, поступающего с выхода компаратора в моменты его изменения по фазе. Дифференцирующее устройство 17 может быть выполнено, например, в виде цепочки С по общеизвестной схеме.

Регистрирующее устройство 18 предназначено для индикации результата счета импульсов, поступающих с дифференцирующего устройства 17. В качестве регистрирующего устройства может быть использован стандартный прибор типа 43-32, позволяющий осуществлять счет импульсов положительной и отрицательной полярностей.

Устройство работает следующим образом.

Генератор 1 вырабатывает, например, прямоугольные, разнополярные, симметричные импульсные сигналы с частотой  $f$ , которые поступают на регистр 2 сдвига. Регистр 2 сдвига формирует на четырех выходах (1), (2), (3) и (4), ортогональные между собой соответствующие импульсные напряжения  $U_1$ ,  $U_2$ ,  $U_3$  и  $U_4$ , представленные на эпюрах  $\alpha$ ,  $\delta$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  на фиг. 2. Причем импульсы  $U_1$ , поступающие в I измерительный канал, и импульсы  $U_2$ , поступающие во II измерительный канал, разнесены во времени относительно друг друга на половину периода (фиг. 2, эпюры  $\alpha$ ,  $\beta$ ), а импульсные напряжения на выходах (3) и (4) (фиг. 2, эпюры  $\delta$ ,  $\gamma$ ) сдвинуты, например, по времени на половину такта относительно соответствующих импульсов, поступающих с выходов (1) и (2). Напряжение  $U_1$  преобразуется в импульсы тока преобразователем 3 на-

пряжения в ток, а напряжение  $U_2$  преобразуется в импульсы тока соответствующим преобразователем 4. С выхода преобразователей 3 и 4 напряжения поступают на соответствующие пары электродов датчиков 5, 6 и на входы усилителей 7 и 8 (фиг. 1). В силу относительно малого сопротивления между электродами, например в воде 100-10000 Ом; по отношению к очень большому выходному сопротивлению генератора тока (5) -  $10^5 - 10^6$  Ом (влиянием входного сопротивления усилителей 7 и 8 пренебрегаем), при прохождении объекта между электродами изменяются межэлектродные проводимости, что приводит к модуляции импульсов тока по амплитуде напряжения и фазе в измерительных каналах I и II.

При этом между электродами в каждом датчике 5 и 6 попеременно во времени образуются параллельные поля "шторы", которые (в силу параллельности и протяженности электродных пар) близко расположены друг к другу. В силу близости источников (электродных пар) оба электрических поля практически перекрывают одну и ту же контролируемую область. В результате токи, протекающие в каждой электродной паре, практически равны друг другу (при отсутствии объектов), аналогично равны их фазы. Разность потенциалов, образующаяся на электродных парах датчиков 5 и 6, усиливается соответственно на усилителях 7 и 8 и преобразуется по спектру в блоках 9 и 10, которые работают в режиме смесителя так, что, например, при условии невливания межэлектродной проводимости электродных пар датчиков 5 и 6 импульсы напряжений  $U_1$  и  $U_3$ , входящие на входы и блока 9, будут одинаковы по форме и ортогональны между собой (фиг. 2, эпюры  $\alpha$ ,  $\beta$ ). При этом на выходе блока 9 формируются разнополярные осесимметричные импульсы (фиг. 2, эпюра  $\delta$ ). В случае влияния межэлектродной проводимости осевая симметрия по форме и фазовому сдвигу на выходе блока 9, например, может принимать вид, показанный на фиг. 2 (эпюра  $\epsilon$ ). Аналогичный принцип работы у блока 10. Импульсные напряжения с выходов блоков 9 и 10 поступают на входы соответствующих фильтров 11 и 12 нижних частот, которые усредняют по амплитуде импульсные сигналы. На-

пример, напряжение осесимметричных импульсов на выходе блоков 9 и 10 (фиг. 2, эпюра  $\delta$ ), после фильтра нижних частот принимает нулевое значение. А напряжение несимметричных импульсов преобразуется в соответствующий уровень постоянного напряжения (фиг. 2, эпюра  $\lambda$ ). С выходов фильтров 11 и 12 напряжения через делители 13 и 14 подаются на входы сумматора 15. При отсутствии в межэлектродной зоне объекта в силу одинаковых коэффициентов усиления на выходах обоих измерительных каналов I и II будут одни и те же величины напряжений, которые складываются в противофазе в сумматоре 9 так, что на его выходе отсутствует напряжение (в противном случае регулировкой коэффициентов усиления делителей 13 и 14 добиваются полного баланса напряжений на выходе обоих каналов).

При последовательном прохождении, например, электропроводящим объектом плоскопараллельных полей между электродами в каждом датчике (напряжение движения объекта показано стрелкой на фиг. 1) амплитуды и фазы напряжений соответствующих электродных пар будут изменяться. В соответствии с изменением сигналов на электродах на выходах соответствующих измерительных каналов формируются сигналы об объектах. На эпюре  $\alpha$  фиг. 3 показаны сигналы, пропорциональные изменению напряжений сперва на паре электродов второго датчика 6 (кривая 2) и затем на паре электродов первого датчика 5 (кривая 1). Оба сигнала после суммирования в сумматоре 15 образуют разностный сигнал, показанный на эпюре  $\delta$  фиг. 3. Разностный сигнал после компаратора 16 принимает вид, показанный на эпюре 2 фиг. 3. Импульс счета формируется дифференцирующим элементом А из сигнала, поступающего с компаратора 15. Полярность импульса счета согласована с порядком прохождения объектом пар электродов, например, в соответствии с напряжением движения объекта, показанном на фиг. 1 стрелкой, на выходе дифференцирующего элемента 17 вырабатывается отрицательный импульс счета. Аналогично при прохождении объекта в обратном направлении по отношению к рассматриваемому случаю сформируется положительный по знаку

импульс счета. Этому процессу соответствуют эпюры  $\alpha, \delta, \beta, \gamma$  на фиг. 4.

Если направление движения объекта зафиксировано, например, по направлению стрелки, показанной на фиг. 1, а объект принимает другую природу по электропроводности, например объект - диэлектрик, то на выходе сформируется положительный импульс счета. Этому процессу формирования импульсов счета соответствуют эпюры  $\alpha, \delta, \beta, \gamma$  на фиг. 5, полученные по аналогии приведенному анализу. Понятие проводящих и диэлектрических объектов формируется относительно среды, в которой осуществляется численный контроль.

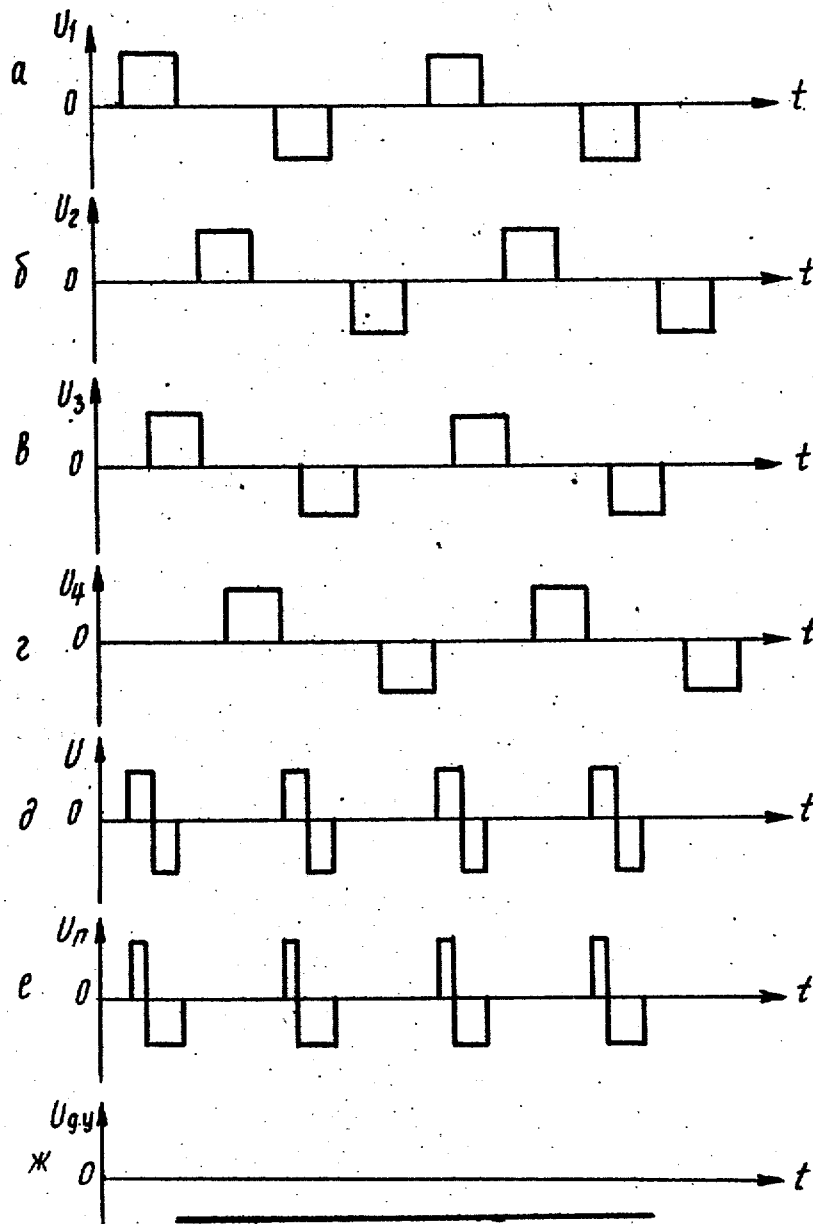
Таким образом, полагая, что объект металлический и движется по заданному направлению, а регистрирующий прибор работает по счету, например, отрицательных импульсов (эпюра  $\gamma$ , фиг. 3), он не будет считать инородные объекты (например диэлектрические), движущиеся вместе с объектами счета, а также не учитывает металлические объекты, проходящие в обратном направлении, так как этим случаям будут соответствовать положительные импульсы счета (эпюра  $\beta$  на фиг. 4 и эпюра  $\gamma$  на фиг. 5).

Кроме того, при удалении объекта от пар электродов происходит очень быстрое уменьшение сигнала об объекте, т.е. зона контроля практически ограничивается объектом между четырьмя электродами, что делает систему нечувствительной к внешним окружающим движущимся объектам.

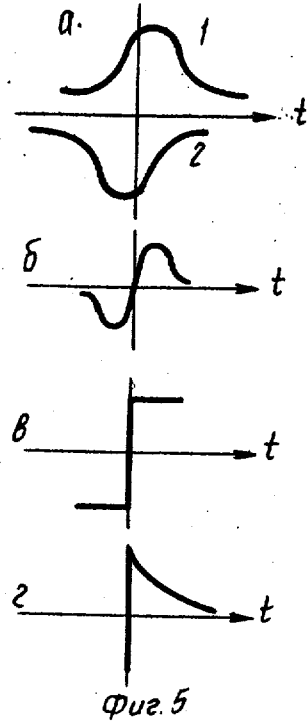
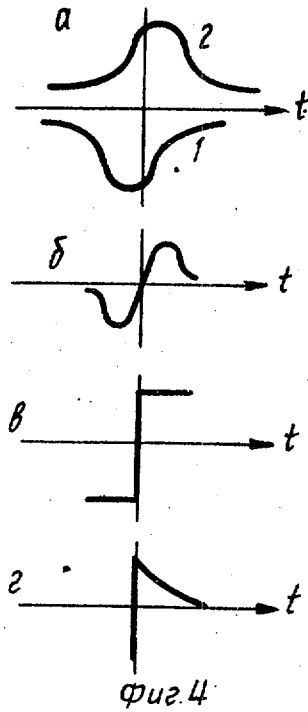
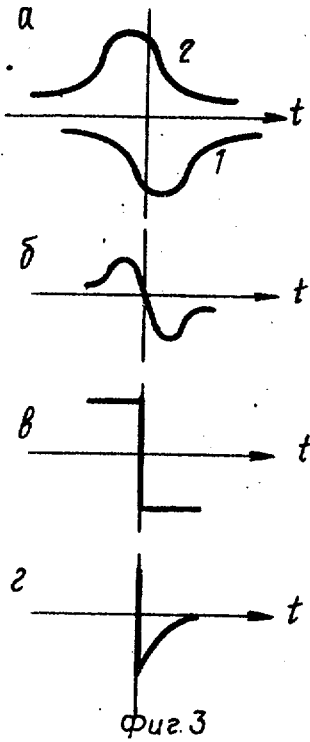
Преимущество заявляемого устройства по сравнению с известным заключается в следующем: повышается точность счета объектов за счет учета электропроводности объектов и инородных тел, направления движения объектов, использования практически полностью взаимопересекающихся контрольных зон, образуемых первой и второй парами электродов, что приводит к построению системы, нечувствительной к колебаниям электропроводности среды; уменьшается зона контроля по ходу движения объектов, что практически исключает влияние окружающих систему счета движущихся объектов, а также уменьшает, либо исключает фактор отпугивания живых организмов (например рыб, птиц, животных), так как

толщина например, рыбпровода, образованная двумя параллельными парами электродов по ходу движения рыб, менее одной двадцатой их длины; использование свойства квазистатических (низкочастотных) полей проникать че-

рез оптические, а иногда и радионепрозрачные среды позволяет осуществлять скрытый контроль объектов; низкие частоты безвредны для биологических организмов при условии допустимых амплитудных значений сигнала.



Фиг. 2



Редактор М. Келемеш      Составитель Н. Баганова      Техред А. Бабинец      Корректор С. Шекмар

Заказ 2768/62

Тираж 704

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета СССР  
по делам изобретений и открытий  
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Филиал ППП "Патент", г. Ужгород, ул. Проектная, 4