

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(19) RU<sup>(11)</sup>2162235<sup>(13)</sup> C2(51) МПК<sup>7</sup> G01S13/56

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Статус: по данным на 07.05.2013 - прекратил действие

Пошлина: учтена за 13 год с 21.01.2007 по 20.01.2008

- (21), (22) Заявка: **96116326/09, 20.01.1995**
- (24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
**20.01.1995**
- (45) Опубликовано: **20.01.2001**
- (56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2000080 C, 07.09.1993. US 4958638, 25.09.1990. US 3796208, 12.03.1974. EP 075199 A1, 30.03.1983. US 4559499, 17.12.1985. US 4965536, 28.10.1990. US 3780725, 25.12.1973.**
- (85) Дата перевода заявки PCT на национальную фазу:  
**20.08.1996**
- (86) Заявка PCT:  
**DE 95/00062 (20.01.1995)**
- (87) Публикация PCT:  
**WO 95/20170 (27.07.1995)**

## (54) СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ

(57) Реферат:

Предложены способ и устройство для обнаружения живых организмов, в частности для обнаружения живых человеческих организмов, с помощью электромагнитных сигналов и приемника электромагнитных сигналов. Обнаружение жизненных функций позволяет находить погребенных заживо людей и отличать живых людей от трупов, обеспечивая тем самым экономию времени. Изобретение также подходит для контролирования зданий или для определения жизненных функций пациента. Приемник (3) электромагнитных сигналов имеет устройство для извлечения частотных составляющих, характерных для живых организмов, из электромагнитных сигналов. Технический результат - повышение эффективности определения местоположения живых организмов. 2 с. и 22 з.п.ф-лы, 17 ил.

Изобретение относится к устройству согласно ограничительной части пункта 1

формулы изобретения и способу согласно ограничительной части пункта 15 формулы изобретения, а также к применению данного способа и/или устройства. Под обнаружением живых организмов, в частности живых человеческих организмов, в данном описании подразумевается обнаружение присутствия организмов с признаками жизни. Такое обнаружение имеет большое значение, например, при поиске людей, погребенных заживо в результате природных катастроф или аварий, если отсутствует визуальный или звуковой контакт с погребенными людьми. Поскольку период выживания ограничен, большое значение имеет незамедлительное определение присутствия заживо погребенных людей и спасение этих людей после определения их местоположения. Ранее использовавшиеся способы и устройства для обнаружения или определения местоположения людей, погребенных заживо, фактически не позволяют отличать живых от мертвых среди погребенных заживо людей. Использование поисковых собак возможно только в ограниченной степени с точки зрения времени, так как опыт показал, что животное, работающее с высокой степенью концентрации, через два-три часа требует продолжительного отдыха для восстановления сил, что приводит к приостановке поисков. Кроме того, поскольку для животных главное значение имеет обоняние, они не способны отыскивать только еще живых людей, и поэтому драгоценное время теряется на спасение мертвых и не остается времени на спасение тех, кто еще жив. Применение прослушивающих аппаратов для улавливания признаков жизни или стука не имеет смысла, если люди находятся в бессознательном состоянии. Кроме того, безошибочное определение местоположения часто невозможно из-за отражения звука в развалинах. Известно также, для обеспечения более эффективного определения местоположения после сходов лавин используют портативные передающие устройства, которые позволяют определять местоположение заживо погребенного человека на основе испускаемого электромагнитного излучения. Однако устройства такого типа не позволяют судить о жизненных функциях их носителей и, как правило, отсутствуют в случае аварий и если люди были погребены заживо в результате природных катастроф. Поэтому существует необходимость в усовершенствованном оборудовании и способах обнаружения живых организмов, в частности живых людей, для обеспечения возможности более быстрых действий и более целенаправленного квалифицированного поиска все еще живых людей. В основу изобретения положена задача создания устройства согласно ограничительной части пункта 1 формулы изобретения и способа согласно ограничительной части пункта 15, которые были бы лишены описанных выше недостатков, обеспечивая улучшенные возможности спасения. Эта задача решается с помощью устройства, имеющего признаки, заявленные в пункте 1, и способа, признаки которого заявлены в пункте 15. Дополнительные предпочтительные варианты осуществления и применения способа и устройства заявлены в зависимых пунктах формулы изобретения. Авторами изобретения было установлено, что живые организмы и, следовательно, живые человеческие организмы, как правило, оказывают неожиданное воздействие на высокочастотные электромагнитные сигналы даже на относительно большом расстоянии за счет сердцебиения, а также дыхательной активности. Поскольку сердцебиение и в большинстве случаев дыхательная активность имеют место и у людей в бессознательном состоянии, эти функции можно считать признаком наличия жизни для целей настоящего изобретения. Поскольку эти жизненные функции, как правило, проявляют себя в пределах

известных диапазонов частот, которые для частоты сердцебиения человека составляют 0,5-3,4 Гц, нормально 1-2 Гц, а для частоты дыхания 0,1-1,5 Гц, это определяет характерные диапазоны частот, которые четко отличаются от диапазонов частот других живых существ, например поисковых собак, которых часто используют на месте поиска.

В любом случае диапазон частот от 0,01 до 10 Гц включает все частоты, представляющие интерес с точки зрения жизненных функций организма.

Было установлено, что живые человеческие тела, через которые проходит электромагнитное излучение, накладывают на это излучение обнаружимый фазомодулирующий эффект на указанных выше частотах. В случае одночастотного излучения это приводит к возникновению боковых полос электромагнитного сигнала несущей, которые по существу смещены на вышеуказанные частоты относительно основной излучаемой частоты.

Неожиданным оказалось то, что даже без излучения передаваемой мощности одним только приемным устройством вместе с устройством для получения частотных составляющих, характерных для живого человеческого организма, можно получить желательный эффект идентификации.

Это значит, что уже присутствие живого организма, по меньшей мере, вблизи приемного устройства всегда приводит к обнаружимым составляющим сигнала в указанных диапазонах частот, исключая необходимость в сквозном облучении сигналом несущей.

Кроме того, на основе принятых и обработанных сигналов можно получить информацию о количестве обнаруженных людей. При этом используется принцип биологического разнообразия и специфичности, исходя из которого картины частот сердцебиения и дыхания разных людей различны. Однако при числе людей более четырех точное определение становится невозможным из-за наложения соответствующих частот. Начиная с этого числа можно только констатировать, что обнаруживаются, по меньшей мере, четыре человека.

С помощью приемного устройства для электромагнитных сигналов и устройства для получения частотных составляющих, характерных для живых организмов, без дополнительного излучения сигналов удалось достоверно обнаруживать живые организмы на расстоянии до 3 м или на дальности приблизительно одного этажа здания.

В простейшем примере осуществления изобретения достаточным является использование описанного ниже прямого демодулятора, выполненного в форме диодного прямого приемника, обеспечивающего прием частотных составляющих, характерных для живых организмов.

Позже стали дополнительно использовать передатчики для облучения зоны обнаружения и принимать отраженное, прошедшее или рассеянное излучение, анализ которого на наличие вышеуказанных частотных составляющих свидетельствует о присутствии живых организмов.

Чтобы обеспечить возможность приема электромагнитного излучения даже через плотные развалины и даже на некотором расстоянии, использовали частоты электромагнитного излучения от нескольких сотен МГц до приблизительно 10 ГГц, которые обеспечивали большую глубину проникновения.

Такое излучение испытывало фазовую модуляцию, которая добавляла боковые полосы, смещенные на несколько Герц, к сигналу высокочастотной несущей. При обычных процедурах приема обнаружение полос частот, расположенных так близко друг к другу, потребовало бы применения генераторов с кратковременной нестабильностью ниже  $10^{-12}$ , что до настоящего времени считалось недостижимым при разумных затратах. Эта проблема обостряется еще больше из-за низких уровней мощности принимаемых сигналов.

Ниже описываются некоторые преимущества вариантов осуществления изобретения, охарактеризованных в зависимых пунктах формулы изобретения. Переход от обнаружения к определению местоположения возможен за счет использования приемной антенны с определенной характеристикой направленности, которая для оптимального согласования с зоной пространственного поиска имеет минимально возможные боковые лепестки, большой основной лепесток и минимально возможный задний лепесток. Применение известных фазовых модуляторов на первый взгляд кажется очевидным. Известны способы гомодинного приема (на нулевых биениях), гетеродинного приема и фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) и возбуждения локального колебательного контура. Было обнаружено, что ни один из перечисленных способов не способен обеспечить требуемые результаты достаточно экономично для портативного применения и по доступной цене для стационарного применения. Только использование прямого демодулятора, обеспечивающего прямое отделение частоты модуляции от модулированной частоты, дало желаемые результаты. Однако нужно исходить из того, что при соответствующих расходах на аппаратные средства и усовершенствованных конфигурациях схем упомянутые выше способы можно использовать в соответствии с данным изобретением.

При использовании элемента с нелинейной характеристикой зависимости тока от напряжения в качестве частотно-селективного элемента можно обеспечить демодуляцию частотных составляющих, представляющих интерес. Диод, биполярный или полевой транзистор могут быть успешно применены в качестве элемента с нелинейной характеристикой.

Эти элементы достаточно экономичны и не критичны к их применению. Оптимальный рабочий диапазон этих элементов, составляющий приблизительно от 100 кГц до 200 МГц, можно использовать при более высоких частотах приема, если перед демодулятором включить средство преобразования частоты. Хотя такое средство преобразования частоты дополнительно вносит в сигнал допустимые искажения во временном диапазоне, тем не менее оно накладывает лишь незначительный дополнительный шум.

С помощью передающего устройства, обеспечивающего передачу электромагнитного сигнала несущей с установленной частотой, можно поднять уровень принимаемого сигнала; однако наибольшее внимание следует уделять стабильности несущей частоты, чтобы исключить нежелательные модуляционные эффекты в интересующем диапазоне частот. Простая аналоговая передающая схема с кварцевой стабилизацией с высокочастотным колебательным контуром оказалась подходящим генератором по истечении соответствующего времени установления.

При использовании передающей антенны с установленной характеристикой направленности совместно с приемной антенной реализуется перекрестный пеленг и определение местоположения возможно не только в одном направлении открытого пространства, но и в определенных трехмерных зонах пространства. Такое определение местоположения можно успешно осуществлять в однородных развалинах или в свободном пространстве. Предложенные способ и устройство можно также использовать для контроля и/или охраны объектов. Конкретные варианты осуществления изобретения раскрывают как портативные, так и стационарные устройства контроля.

Применение фильтра дискретизации аналогового сигнала вместо высокочастотных цифровых фильтров не внесло каких-либо негативных дополнительных частотных составляющих и значительно повысило качество полученного сигнала. Дополнительные нежелательные составляющие сигнала,

например, такие как шум и наложенные помехи, были исключены за счет ограничения ширины полосы электромагнитного сигнала перед операцией дискретизации и перед аналого-цифровым преобразованием на высокие частоты. Применение аналогового фильтра верхних частот для исключения низкочастотных составляющих в отношении частотно-зависимого НЧ шума передающего генератора и внутренних структурных узлов также имело большое значение.

Высокая эффективность функционирования предложенных устройства и способа позволяет использовать их в других областях.

Можно вести наблюдение за людьми с суицидальными стремлениями в психиатрических лечебницах или в местах заключения, исключая необходимость в постоянном наблюдении обслуживающим персоналом.

Изобретение подробно поясняется на конкретных примерах его осуществления со ссылками на чертежи, на которых показано следующее:

фиг. 1 - схематичное представление основных узлов устройства, соответствующего изобретению в возможном варианте его осуществления;

фиг. 2 - схематичное представление упрощенного варианта осуществления устройства, соответствующего изобретению;

фиг. 3 - схематичное представление структуры цепи оценки;

фиг. 4 и 4а - блок-схема этапов обработки;

фиг. 5 и 6 - спектральные представления электромагнитных сигналов, обнаруженных с помощью устройства, соответствующего изобретению, с частотными составляющими, характерными для живых организмов;

фиг. 7 - диодный прямой приемник без преобразователя, подключаемого перед ним;

фиг. 8а - электрическая схема аналогового фильтра верхних частот и фильтра защиты от наложения спектров, выполненного в форме фильтра нижних частот;

фиг. 8b - электрическая схема симметрирования напряжения;

фиг. 9 - общий вид, относящийся к фиг. 11-14, на которых представлен второй вариант осуществления устройства, соответствующего изобретению, в форме переносного узла;

фиг. 10 - общий вид, относящийся к фиг. 15-17, на которых представлен третий вариант осуществления устройства, стационарно установленного в прямоугольном контейнере или чемодане;

фиг. 11 - вид сверху панели обслуживания для второго варианта осуществления устройства, соответствующего изобретению;

фиг. 12 - вид в сечении по линии А-А на фиг. 14;

фиг. 13 - вид в сечении по линии В-В- на фиг. 14;



фиг. 14 - вид в сечении по линии С-С на фиг. 12;

фиг. 15 - вид в сечении для третьего варианта осуществления устройства, соответствующего изобретению, по линии F-F на фиг. 16;

фиг. 16 - вид в сечении по линии D-D на фиг. 17;

фиг. 17 - вид в сечении по линии E-E на фиг. 16.

На фиг. 1 представлено устройство, содержащее передатчик 1 с передающей антенной 2, которая осуществляет передачу на фиксированной частоте предпочтительно в диапазоне от нескольких сотен МГц до приблизительно 10 ГГц. Передающая антенна 2 предпочтительно имеет фиксированную характеристику направленности лепесткового типа. В зависимости от варианта осуществления изобретения передатчик 1 с антенной 2 могут быть выполнены в форме переносного узла или установлены стационарно. Приемное устройство 3, показанное в упрощенном виде на фиг. 2, содержит приемную антенну 4, связанную с прямым демодулятором 5, который из принятого электромагнитного сигнала демодулирует частотные составляющие, характерные для живых организмов. Такую демодуляцию выполняют в форме фазовой или частотной демодуляции, обеспечивающей получение необходимых частотных составляющих на выходе прямого демодулятора 5.

В примере выполнения прямого демодулятора, показанном на фиг. 7, может также содержаться мостовая выпрямительная схема известного типа, которая позволяет получить полезный сигнал с удвоенным или умноженным напряжением.

В следующем примере выполнения приемное устройство 3 содержит средство преобразования частоты 6, включенное перед демодулятором 5 и преобразующее сигналы, принятые в диапазоне выше 200 МГц и до ТГц, в диапазоны частот, в которых прямой демодулятор 5 имеет повышенные мощности приема. При использовании подходящих диодов, биполярного или полевого транзистора, оптимально подходящий рабочий диапазон, преобразованный с понижением, составляет приблизительно 100 кГц - 200 МГц.

На выходе прямого демодулятора подключено фильтрующее средство 7 для отфильтровывания нежелательных составляющих сигнала, которое ограничивает ширину полосы электромагнитного сигнала перед операцией дискретизации (перед операцией аналого-цифрового преобразования) в направлении верхних частот. Фильтрующее средство 7 также ограничивает ширину полосы в направлении нижних частот. Усилитель 8, подключенный после фильтра 7, усиливает напряжение или, в альтернативном исполнении, ток принятых сигналов и подает их на аналого-цифровой преобразователь 9 для дискретизации.

После аналого-цифрового преобразования частотные составляющие, характерные для живых организмов, обрабатывают вычислительным устройством 10 для спектрального анализа и представляют в спектральной форме. При этом интенсивность частотных составляющих, характерных для живых организмов, дает информацию о наличии жизненных функций у обнаруженных человеческих организмов.

При оценке сигналов во времени цифровой сигнал для удаления из него искажений подвергают свертке с инверсной передаточной функцией приемного устройства 3.

Поскольку надежное обнаружение такого сигнала чрезвычайно сложно, ниже описан прямой приемник с нелинейным элементом на основе диодного прямого приемника.

## Прямой диодный приемник

Отраженный сигнал модулирован по фазе или частоте. Обнаружение этой модуляции невозможно или чрезвычайно затруднено при использовании обычной техники приема ЧМ (частотно-модулированного) или ФМ (фазомодулированного) сигнала. Для обнаружения сигнала, фазомодулированного с частотой 0,2 Гц,

например, на частоте 10 ГГц, с точностью до  $0,2^{\pm}0,02$  Гц, понадобились бы синхронизированные генераторы с кратковременной стабильностью, характеризуемой отклонениями менее  $10^{-12}$ . Это представляется недостижимым с технической точки зрения.

Поэтому необходимо было найти способ прямого обнаружения модуляции принятого сигнала.

Для этой цели подходят, например, элементы с очень широкими квадратичными характеристиками, например полевые транзисторы, элементы с экспоненциальными характеристиками, аппроксимируемые по частям как квадратичные, а также диоды и транзисторы, если теперь в качестве принимаемого напряжения прикладывается сумма двух частот, то возникают члены более высокого порядка.

Если есть квадратичный член, то кроме выпрямленного тока также возникают разностные частоты. Поэтому для демодуляции фазомодулированного сигнала, который отражается от обнаруживаемого человека, можно использовать даже обычный выпрямитель, несмотря на очень высокие требования к частотным характеристикам.

Этот фазомодулированный сигнал накладывается на нелинейную характеристику, что вызывает возникновение токов, пропорциональных частоте фазовой

модуляции  $\Omega$  и ее кратным значениям  $k \cdot \Omega$ . Форма кривой модуляции не сохраняется с учетом принципа демодуляции, но было обнаружено, что эти изменения в форме кривой не критичны для большинства применений согласно изобретению, в которых достаточно обнаружения модуляции.

Отношение сигнал-шум определяет уровень чувствительности при прямом обнаружении. Для частоты дыхания были получены значения S/N выше 46 дБ, а для частоты сердцебиения - значение 26 дБ на расстоянии 3 м и при мощности генератора около 5 мВт.

Если предположить, что сердце излучает сферические волны, то между мощностью передачи и приема существует зависимость, обратно пропорциональная второй степени расстояния. Следовательно, для отношений амплитуд частоты дыхания UA к шуму можно оценить, что граница приема при мощности передачи 1 Вт соответствует примерно 50 м для сердцебиения и 160 м для дыхания.

Антенны с малозумящими элементами с более высоким усилением могут в соответствии с изобретением соответственно увеличивать эти значения. Это значит, что приемлемые принимаемые сигналы можно ожидать при определении местоположения даже при наличии слоя земли толщиной в несколько метров.

Идеальным с точки зрения тока насыщения 10 и температурного потенциала диодом является мощный кремниевый диод марки 1N4004, применение которого в качестве выпрямителя, однако, ограничено высокими частотами из-за высокой барьерной емкости. За ним следует кремниевый диод марки 1N4148 для малых сигналов, затем кремниевый диод Шотки BAT46 и, наконец, два германиевых диода AA116 и AA144.

Диодный прямой приемник был соответственно настроен на частоты 440 МГц, 1,3 ГГц, 2,4 ГГц, 5,6 ГГц и 10 ГГц. Для четырех из пяти частот были разработаны

следующие приемные антенны для прямого диодного приемника:

440 МГц: полуволновой симметричный вибратор с  $v = 0,940$ ,  $z = 60,5 \Omega$  и ВАТ 46

1,3 ГГц: полуволновой симметричный вибратор с  $v = 0,906$ ,  $z = 57,4 \Omega$  и ВАТ 46

2,4 ГГц: полуволновой симметричный вибратор с  $v = 0,940$ ,  $z = 60,5 \Omega$  и ВАТ 46

5,6 ГГц: волновой многопроводной триадический симметричный вибратор с  $v = 0,73$ ,  $z = 140 \Omega$  и ВАТ 46.

Было обнаружено, что в таком приемнике уровень чувствительности сильно снижается по сравнению с приемником на 2,4 ГГц. При 10 ГГц уже не было возможности обнаруживать полезное напряжение, поэтому пришлось отказаться от создания диодного прямого приемника на частоте 10 ГГц. Другие имеющиеся диоды не проявили полезного выпрямительного эффекта на таких высоких частотах.

Поскольку специалисты могут счесть сигналы, предусмотренные для использования, как находящиеся ниже уровня измерений, следует уделить особое внимание используемым типам антенн.

Антенны

Необходимо обеспечить максимально возможное защитное действие антенны в заднем полупространстве для локации, чтобы не принимать сигналы помимо главного направления излучения. По этой причине боковые лепестки должны иметь минимальный уровень. Поэтому диаграмма излучения в целом должна иметь как можно более узкий главный лепесток и не содержать боковых лепестков.

Входной импеданс антенн может и должен быть так согласован, согласно изобретению с реальными или комплексными импедансами, чтобы обеспечивать согласование по мощности для передатчиков и согласование по шуму для приемников. Однако одновременное выполнение этих требований за счет конструкции антенны невозможно.

Все используемые антенны являются антеннами осевого излучения, так как двухзеркальные антенны с аналогичными размерами всегда имеют худшее защитное действие в заднем полупространстве, так как волноводная структура должна возбуждаться в направлении назад. Антенны должны быть максимально широкополосными, чтобы исключить операцию корректировки. Логарифмически периодические структуры известны как широкополосные антенны с очень хорошим защитным действием в заднем полупространстве. Широкополосный характер, с одной стороны, и выраженный направленный эффект, с другой стороны, достигаются благодаря логарифмической градации волноводных структур. Тот факт, что усиление по сравнению с резонансными антеннами сравнимых размеров ниже, не представляет проблем для применений в соответствии с изобретением.

Поликоническая антенна может заменить антенну в виде параболоида вращения, поскольку отклонения от параболической конфигурации менее чем на  $1/10$  длины волны не оказывает отрицательного действия на характеристики антенны. Даже для отклонений на  $1/5$  длины волны потеря усиления составляет меньше 2 дБ и поэтому может игнорироваться в большинстве случаев.

Следовательно, конструкцию параболического отражателя, которую технически



трудно реализовать, можно без проблем заменить поликоническим рефлектором, который легче изготовить. Однако схема питания является сравнительно дорогостоящей, а защитное действие в заднем полупространстве улучшается только при использовании отражателей, достаточно больших по сравнению с длиной волны и облучение которых ограничено внутренней областью.

Для преодоления проблем, связанных с поляризацией, в предлагаемых примерах выполнения на двух более высоких частотах (5,6 ГГц и 10,368 ГГц) в каждом случае использовалась антенна с круговой поляризацией, с одной стороны, как приемная антенна и, с другой стороны, как передающая антенна. Хотя предположительно это приводит к потерям порядка 3 дБ, они невелики в сравнении с потерями, которые могут иметь место в случае антенн противоположного вращения с линейной поляризацией.

В одном из примеров осуществления с использованием только одной общей передающей/приемной антенны входящие и излучаемые волны можно успешно разделять, например, с помощью циркулятора.

Особое внимание уделяется также высокочастотным блокам, чтобы преодолеть затруднения с точки зрения техники измерения.

Высокочастотные блоки

Необходимые высокочастотные блоки описаны ниже. В системе учтены возможные связи, которые возникают между модулями и периферийными элементами. Они соответствуют конфигурациям, реализованным в соответствии с изобретением.

Прямые модуляторы используются на более высоких частотах, например выше 200 МГц, после преобразователей на промежуточную частоту 137,5 МГц. На этой частоте работают как диоды, так и транзисторы.

1. Диодный смеситель

Диодный смеситель содержит симметричную схему умножения напряжения с резонансной схемой на входе и фильтром нижних частот на выходе. При этом в отличие от напряжения, которое можно получить при использовании диода в качестве прямого приемника, можно получить четырехкратное выходное напряжение, так как источники теперь соединены последовательно. Возросшее при этом внутреннее сопротивление для функционирования не принципиально. На практике было обнаружено, что диодный смеситель превосходит другие известные конструкции смесителей с точки зрения отношения сигнал-шум.

Низкочастотные блоки

Все модули, работающие в низкочастотном диапазоне, снабжены собственным источником питания. Для этой цели используются отдельные свинцовые

аккумуляторы напряжением 12 В/2 А<sup>ч</sup>, снабженные схемой контроля напряжения и выключателем. Необходимость строгой развязки всех источников питания друг от друга оказалась необходимой ввиду того, что использование сетевого блока создало значительные помехи и проблемы.

Таким образом, вся система полностью изолирована на передающей стороне, а на приемной стороне она соединена с сетью только через персональный компьютер, который, однако, в портативном варианте осуществления выполнен в виде питающегося от батареи блока.

1. Предусилитель

Предусилитель использует малошумящий четырехкратный операционный усилитель. Один из усилителей подключен как средство симметрирования

рабочего напряжения; другие три подключены как полосовые фильтры и связаны между собой через фильтры верхних частот.

Фильтр нижних частот ограничивает шум первого каскада. Посредством дополнительного резистора можно осуществлять питание диодного прямого приемника током от предусилителя. Использовалось всего два модуля предусилителей с разными уровнями усиления. Поскольку чувствительность всей системы может вызывать перегрузку АЦП, а значит, и потерю данных, необходим регулируемый усилитель.

## 2. Дискретизирующий фильтр (фильтр защиты от наложения спектров)

Дискретизация зависящих от времени сигналов должна производиться на частоте, которая больше чем вдвое превышает максимальную частоту, содержащуюся во входном сигнале. Следовательно, входной сигнал должен быть спектрально ограничен перед этапом аналого-цифрового преобразования. Неожиданным образом обнаружилось, что для целей изобретения такая операция ограничения должна выполняться аналоговым фильтром и не может быть заменена цифровой обработкой. Если это не учесть, потребуются субдискретизация спектральных составляющих, которые составляют больше половины частоты дискретизации. Они смешиваются в более низком диапазоне частот и необратимо искажают сигнал, препятствуя достижению результата, обеспечиваемого изобретением. Так называемые цифровые фильтры защиты от наложения спектра, которые позволяют полагать, что ограничение полосы можно осуществить после АЦП, оказались совершенно неэффективными для данной проблемы: все ошибки, связанные с субдискретизацией, имели место. Последующая цифровая коррекция в дальнейшем была невозможна из-за разрушенного содержимого сигнала. Следует отметить, что у специалистов в отношении аналоговых и цифровых параметров существует ложное представление, состоящее в том, что конструкция измерительной системы для цифровой обработки аналоговых параметров на основе данных производителей и исключительное использование программного обеспечения и аппаратных средств, предлагаемых ими, не могут обеспечить достижение поставленной цели.

Требования, предъявляемые к аналоговым фильтрам нижних частот с защитой от наложения спектров, очень высоки в зависимости от соответствующей последующей обработки. Поэтому динамический диапазон должен быть по меньшей мере на один разряд (бит) лучше, чем у следующего АЦП, и аналогично эффекты линейных и нелинейных искажений должны быть по меньшей мере на один разряд лучше, чем у АЦП. Хотя динамический диапазон АЦП на N-разрядов на практике в большинстве случаев составляет только N-2 разряда, эти зависимости необходимо учитывать. Использование фильтров с переключаемыми конденсаторами возможно, если при этом также учесть теорему Котельникова (теорему о дискретном представлении) и если достаточен достигаемый динамический диапазон.

Свертка входного сигнала с помощью дискретизирующего фильтра приводит к амплитудным и фазовым искажениям, а также к искажению огибающей из-за группового времени задержки фильтра. Эти изменения сигнала можно учесть в случае необходимости с помощью процедуры, при которой обратная передаточная функция дискретизирующего фильтра складывается или свертывается с дискретизированным сигналом в ЭВМ. Эта процедура возможна только в том случае, если дискретизация была проведена правильно. Что же касается случая с субдискретизацией, там ошибка возрастает еще больше. Между верхней частотой сигнала  $f_s$ , частотой дискретизации  $f_a$ , асимптотической крутизной или порядком дискретизирующего фильтра N и коэффициентом

избыточной дискретизации  $k$  существует следующая зависимость относительно достижимой степени точности или разрешения  $A$  в разрядах:

$$k = \frac{\ln(f_a) - \ln(f_s)}{\ln(2)} - 1$$

$$A = k \cdot N + 1$$

Для граничной частоты  $f_s = 2$  Гц при степени разрешения  $A = 13$  разрядов это дает, например, следующие возможные конфигурации:

фильтр первого порядка ( $N = 1$ ) ---> частота дискретизации  $f_a = 16384$  Гц

фильтр третьего порядка ( $N = 3$ ) ---> частота дискретизации  $f_a = 64$  Гц

фильтр шестого порядка ( $N = 6$ ) ---> частота дискретизации  $f_a = 16$  Гц.

В предлагаемых примерах выполнения согласно изобретению используется последняя комбинация. Для фильтров низкого порядка с "хорошим поведением" передаточной функции необходимо прибегнуть к чрезмерным коэффициентам избыточной дискретизации, чтобы получить полезные результаты. Несмотря на высокую частоту дискретизации порядка 16 кГц, только спектральные компоненты до 2 Гц дискретизируются правильно (при  $A = 16$  разрядов,  $f_s = 20$  кГц и  $f_a = 44$  кГц понадобятся фильтры 109-го порядка, чтобы произвести дискретизацию согласно теореме Котельникова).

Избыточная дискретизация имеет следующее преимущество: даже если каждый АЦП идеален в отношении его характеристик, он добавляет шум квантования к дискретизируемому сигналу, в результате чего этот сигнал искажается не только вследствие операции квантования, то есть из-за дискретизации амплитудных значений, но и дополнительно зашумляется.

Этот шум можно считать приближенно белым, так что при большей ширине полосы дискретизации, то есть при избыточной дискретизации, соответственно меньший шум попадает в ширину полосы сигнала и поэтому можно пропорционально улучшить отношение сигнал-шум, но не сигнал преобразователя.

Применяемый дискретизирующий фильтр нижних частот шестого порядка получают путем последовательного соединения двух фильтров нижних частот третьего порядка (асимптотическая крутизна фронта 18 дБ на октаву или 60 дБ на декаду). Каждый фильтр нижних частот содержит операционный усилитель, включенный как повторитель напряжения, и RC-контур.

Искажения амплитуды, фазы и огибающей, вызванные частотными и фазовыми характеристиками всех фильтров, а также групповым временем задержки, можно снизить с помощью процедуры, при которой функцию времени свертывают с ее обратной передаточной функцией  $T^{-1}(W)$  тракта предыдущего сигнала  $T(W)$ , в результате чего осуществляют полную компенсацию полюсов и нулей. Это может потребоваться, если необходимо реконструировать исходный временной сигнал и поэтому необходимо избежать искажений временного сигнала преобразователями и элементами передающей цепи. В случае применения, при котором требуется обнаружение одной спектральной линии, этого можно не делать.

В одном из вариантов осуществления временной сигнал проходит из преобразователя (приемной антенны) в персональный компьютер (АЦП) через по меньшей мере один фильтр верхних частот 15-го порядка и один фильтр нижних

частот 21-го порядка, которые получаются из произведения передаточных функций отдельных элементов измерительной цепи (прямой смеситель, предусилитель, 2 фильтра нижних частот, 2 фильтра верхних частот, АЦП). В случае необходимости динамические характеристики аналоговой части электронной системы могут быть улучшены с помощью элементов, непосредственно влияющих на компенсацию полюсов и нулей. Тем самым можно снизить шум, улучшить неблагоприятные характеристики передачи или достичь оптимальных качеств передачи в соответствии с определенными критериями.

3. Фильтр верхних частот

Согласно изобретению спектральное ограничение входного сигнала в отношении нижних частот желательно по трем причинам:

#### 1. Низкочастотный (НЧ) шум

Амплитуда НЧ-шума возрастает обратно частоте. Следовательно, с увеличением времени измерения шумовые составляющие присутствуют на все более низкой частоте и искажают измеряемый сигнал. Основные источники НЧ-шума - передающий генератор, генератор преобразователя и операционные усилители.

2. Медленные движения

Движения обнаруживаемого тела при постоянной скорости вызывают доплеровский сдвиг частоты, а значит, и спектральные составляющие, которые могут попадать в исследуемую полосу частот. В случае нерегулярных движений возникает широкая дополнительная полоса. Чем медленнее движения, тем более низкочастотными становятся спектры, которые все труднее отличить от шумовых составляющих.

#### 3. Время оценки

Для идентификации спектральной линии частоты  $f$  необходимо проводить измерения по меньшей мере в течение времени  $t = 1/f$ , то есть чем ниже обнаруживаемые частоты, тем продолжительнее должен быть период, в течение которого необходимо проводить измерения. Поскольку невозможно гарантировать, что время измерения является целым кратным спектральной составляющей, представляющей интерес, при анализе Фурье возникает эффект утечки. Это приводит к расширению спектра. Поэтому при анализе нижних частот необходимо соблюдать время измерения, которое является кратным продолжительности периода, при этом степень точности возрастает пропорционально времени измерения. При 10% ошибок в спектральном разрешении и нижней частоте 0,2 Гц необходимо проводить измерения в течение 50 секунд.

На фиг. 3 представлена общая схема цепи оценки. Персональные IBM-совместимые компьютеры офисного типа используются как центральные узлы, поскольку их производительность достаточна для выполнения поставленной задачи.

Схема, представленная на фиг. 4 и 4а, характеризует собой этапы обработки, где  $F\{\}$  обозначает преобразование Фурье, а  $F^{-1}\{\}$  - обратное преобразование Фурье. Результаты

После разных предварительных испытаний было обнаружено, что достаточно, чтобы частота дискретизации составляла 16 Гц при однополярном разрешении 13 разрядов (общее разрешение 14 разрядов). Ширина окна для спектрального

анализа составляла 512 значений, что соответствовало приблизительно 33 секундам, в качестве этого окна была выбрана финитная взвешивающая функция Хемминга.

На фиг. 5 показана частота сердцебиения исследуемого человека при остановленном дыхании. Спектральная составляющая выделяется настолько ясно, что дополнительная обработка для обнаружения сердцебиения исследуемого человека не является необходимой. Спектр представлен в произвольных единицах в зависимости от частоты в Герцах. Измерения проводились на частоте 2,4 ГГц, в качестве приемника использовался диодный прямой приемник, например полуволновой симметричный вибратор, передатчиком служил гетеродин, дыхание было остановлено.

На фиг. 6 показан спектр сигнала, отраженного дышащим человеком, с применением диодного прямого приемника и логопериодической директорией антенны и передающего генератора 1,3 ГГц в качестве источника. При этом присутствовали и частота сердцебиения и частота дыхания.

Эксперименты показали, что при частоте 440 МГц измерения были затруднены из-за чрезмерной чувствительности всей системы. Почти все регистрации продемонстрировали явления перерегулирования и реакцию на внешние эффекты.

Проблема перерегулирования может быть решена с помощью подходящего ослабления; оно не влияет на обнаружение дыхательной и сердечной активности. Если применяется циркулятор, тогда, как описано, можно использовать антенну, принимающую и передающую одновременно.

Приведенные выше примеры достаточно ясно продемонстрировали возможность обнаружения живых людей. При этом ни стены, ни расстояние в несколько десятков метров не являются серьезным препятствием. Рабочие частоты 1,3 ГГц и 2,4 ГГц были признаны наиболее подходящими. При использовании доступных антенн уровень чувствительности достаточно высок, чтобы получить воспроизводимые результаты с ясной идентификацией сердцебиения и дыхания, не требуя проведения значительных числовых вычислений, поскольку и так присутствуют достаточно сильные принимаемые сигналы.

Структурная схема фильтра верхних частот и фильтра нижних частот с защитой от наложения спектров

На фиг. 8a и 8b показана структурная электрическая схема блока, применяемого для ограничения полосы. Фильтр верхних частот третьего порядка подавляет низкочастотные шумовые составляющие, в частности НЧ-шум. Последующий фильтр нижних частот третьего порядка ограничивает спектр со стороны высоких частот. Затем следует линейный усилительный каскад для выравнивания уровня. Рабочее напряжение симметрируют электронным путем, так что достаточен однополярный источник питания. Два таких блока, соединенных каскадно, выполняют требования, предъявляемые теоремой Котельникова.

Структурная схема диодного демодулятора

Диодный детектор, схема которого представлена на фиг. 7, служит для фазовой демодуляции принимаемого сигнала, преобразованного на промежуточной частоте, и как прямой демодулятор для разработанных приемных антенн. Такая схема соответствует типовому измерителю мощности; ток предусилителя может быть приложен с выхода. Входной импеданс может быть согласован со смесителем ПЧ или антеннами.

Структурная схема диодного прямого приемника



Диодные прямые приемники содержат полуволновой или волновой диодные детекторы, умноженные на соответствующий коэффициент укорочения с соответствующими схемами на входе. На выходе может быть приложен ток предусилителя.

Кроме того, каждый блок снабжен собственным источником стабилизированного напряжения и собственным выключателем питания, чтобы блоки с большой постоянной времени (гетеродины, предусилители, фильтр нижних частот) могли работать в непрерывном режиме и находились в тепловом и электрическом равновесии, когда потребители или нагрузки с высоким потреблением тока (оконечные передающие каскады, преобразователи) коммутируются между соответствующими применениями.

Предпочтительные конкретные варианты осуществления

В первом предпочтительном варианте осуществления предложенное устройство содержит поликоническую антенну, которая специально не изображена на чертежах и которая по частям моделирует плоскую параболическую антенну, такую как передающая/приемная антенна 2,4. Передающая/приемная антенна 2,4 снабжена циркулятором, который обеспечивает разделение между передаваемыми и принимаемыми сигналами.

Работа в зонах поиска цели может осуществляться с использованием средства механического качания и шкал, предпочтительно связанных с углами качания. При этом осуществляемый приводом поворот средства качания относительно его осей поворота и электронное управление, обеспечивающее сканирование зоны поиска цели, позволяют автоматически регистрировать данные даже в зонах, которые недоступны для людей, например в зонах ядерного загрязнения, зонах, находящихся под угрозой землетрясения или химического взрыва. Кроме того, с помощью функции порогового значения в указанном выше диапазоне частот можно определить значения, при превышении которых выдается сигнал обнаружения живого человека.

Во втором варианте осуществления устройства согласно изобретению все электронные блоки, включая аналого-цифровой преобразователь 9, расположены в небольшом переносном чемодане. Такой вариант осуществления представляет полную переносную систему для обнаружения живых людей или живых существ. В чемодане 14 находятся две укороченные антенны 2,4 с уголковыми отражателями и петлевые облучатели вибратора. Антенна Tx, используемая в качестве передающей антенны 2, подключена к передатчику, который на рабочей частоте 1300,0 МГц при эквивалентной активной нагрузке 50 Ом выдает мощность 6 мВт. Горизонтальный угол раскрытия каждой антенны составляет  $54^\circ$ , тогда как вертикальный угол в любом случае составляет  $64^\circ$ . Усиление, определенное путем сравнения с калиброванной эталонной антенной, составляет 6,7 дБ относительно изотропного излучателя в каждом случае. Приемная антенна 4, Rx, подключена к приемнику, который с помощью преобразователя 6 преобразует входные сигналы в диапазон частот около 137,5 МГц. Далее следуют демодулятор 5, усилитель 8, фильтр 7 и блок управления. Четыре перезаряжаемых свинцово-гельных аккумулятора 15, 16, 17 и 18 служат в качестве источника питания. Эти блоки размещены в раме 19 из алюминиевых элементов 20, 21, 22, 23 в двух плоскостях. Верхняя третья плоскость образована передней панелью 24 с элементами обслуживания. Во время работы вся вставка может полностью извлекаться из чемодана 14.

Передняя панель 24 содержит четыре выключателя питания 25, 26, 27, 28, связанных с соответствующими элементами, два зарядных гнезда 29, 30 по 4 мм, многополюсную розетку 31 для передачи данных на ПК и ручной регулятор уровня

32 для уменьшения амплитуды выходного сигнала. ПК со встроенным аналого-цифровым преобразователем подключен с помощью гибкой шины. Оценка измеренных сигналов производится специальной программой, адаптированной для данного применения и выполняющей этапы алгоритма, представленного на фиг. 4 и 4а.

От передатчика немодулированный сигнал передается с помощью передающей антенны 2, Тх. Если сигнал попадает на живое существо, то дыхание и сердцебиение вызывает фазовую модуляцию волн, отраженных от соответствующих поверхностей. Отраженные волны принимаются приемной антенной Rx, преобразуются приемником на более низкую промежуточную частоту, и демодулятор 5 выполняет фазовую демодуляцию.

Искомая информация теперь присутствует в форме низкочастотных флуктуаций напряжения. Их усиливают и ограничивают с помощью фильтров в ширине полосы между 0,05 Гц и 4 Гц. Фильтр защиты от наложения спектров 7 предотвращает возникновение паразитных низкочастотных составляющих, вызванных дискретизацией сигнала при аналого-цифровом преобразовании. Экранирующая сетка на передающем кабеле обеспечивает предотвращение помех от внешнего излучения. Обеспечиваемая компенсация емкости кабеля позволяет использовать линию длиной в несколько сотен метров между ПК с аналого-цифровым преобразователем и чемоданом. Программное обеспечение позволяет пользователю выбирать временные интервалы сигнала. После выбора функции окна производится преобразование из временной области в частотную область.

Оценка спектра пользователем подтверждается статистической оценкой, касающейся вероятности присутствия живого человека, которая основана на ранее полученном опыте. Дополнительная статистическая оценка дала диапазон дальностей, в пределах которого может находиться обнаруживаемый человек.

Компактность и мобильность в варианте осуществления в виде чемодана позволяют использовать заявленное устройство в следующих ситуациях: для полицейского контроля и общего наблюдения, для отслеживания преступника и заложников в случае взятия заложников, для контроля пустых зданий и транспортных средств, туннелей и переходов, а также для борьбы с терроризмом и экстремизмом на таможнях и на границах, например для проверки контейнеров на присутствие живых существ или проверки транспорта.

В третьем варианте осуществления согласно изобретению устройство размещается в стационарном прямоугольном ящике или контейнере. В металлическом ящике или контейнере 33 с пластиковым дном 34, пропускающим высокие частоты, расположено 8 укороченных антенн 2,4 с уголковыми отражателями и петлевыми облучателями вибраторов.

Антенны, объединенные в четыре группы, соединены как передающая антенна 2 с усилителем 35, запитываемая передатчиком 1, Тх, с рабочей частотой 1300,0 МГц при эквивалентной активной нагрузке 50 Ом и выдающая мощность 600 мВт.

Горизонтальный угол раскрытия каждой антенны составляет  $54^\circ$ , а вертикальный угол -  $64^\circ$  в каждом случае. Усиление такое же, как и в варианте в виде чемодана. Приемная антенна 4, которая также состоит из группы, содержащей 4 антенны, подсоединена к приемнику Rx, который преобразует входящие сигналы с помощью преобразователя 6 в диапазон частот 137,5 МГц. Затем следует электронная система оценки, уже описанная в связи со вторым вариантом осуществления изобретения.

Третий вариант осуществления изобретения применяют в стационарных условиях. К ним относятся таможенные и пограничные службы, а также системы контроля туннелей и больших зданий. Возможно применение для контроля и

наблюдения за пустыми зданиями, пустыми автомобилями, туннельными и канальными сооружениями и использование в поврежденных зданиях при условиях подавления терроризма и экстремизма. Проверку контейнеров на присутствие живых существ можно модифицировать для обнаружения скрытых пассажиров на пограничных пунктах или в зонах посадки на железнодорожный или авиационный транспорт.

#### Формула изобретения

1. Устройство для обнаружения живых организмов, в частности обнаружения живых человеческих организмов, с помощью электромагнитных сигналов и приемного устройства для электромагнитных сигналов, в котором приемное устройство (3) для приема электромагнитных сигналов включает в себя устройство для получения из принятых электромагнитных сигналов частотных составляющих, характерных для живых организмов, отличающееся тем, что приемное устройство (3) включает в себя прямой демодулятор, который демодулирует принимаемые сигналы для получения упомянутых частотных составляющих, причем демодулятор содержит элемент с нелинейной вольт-амперной характеристикой в качестве частотно-селективного элемента для выделения частотных составляющих, характерных для живых организмов, в качестве выходных сигналов.
2. Устройство по п.1, отличающееся тем, что прямой демодулятор демодулирует частотные составляющие, характерные для живых организмов, непосредственно из принимаемых электромагнитных сигналов.
3. Устройство по п.2, отличающееся тем, что прямой демодулятор (5) содержит в качестве частотно-селективного элемента диод, биполярный или полевой транзистор.
4. Устройство по любому из пп.1-3, отличающееся тем, что приемное устройство (3) содержит устройство преобразования частоты (6), включенное перед демодулятором (5).
5. Устройство по любому из пп.1-4, отличающееся тем, что содержит передающее устройство (1) для передачи электромагнитного сигнала несущей на фиксированной частоте.
6. Устройство по п.5, отличающееся тем, что упомянутый сигнал несущей находится в диапазоне частот приблизительно от 1 МГц до 1 ТГц.
7. Устройство по любому из пп.1-6, отличающееся тем, что устройство для получения частотных составляющих, характерных для живых организмов, содержит устройство для фильтрации (7), устройство дискретизации, аналого-цифровой преобразователь (6) и вычислительное устройство (10) для спектрального анализа.
8. Устройство по п.7, отличающееся тем, что устройство для фильтрации (7) содержит по меньшей мере один аналоговый фильтр выборок.
9. Устройство по п.8, отличающееся тем, что аналоговый фильтр выборок ограничивает ширину полосы выходного сигнала демодулятора в направлении высоких частот перед операцией дискретизации и перед операцией аналого-цифрового преобразования.
10. Устройство по любому из пп.1-9, отличающееся тем, что все электронные блоки в тракте сигнала до цифровой обработки, а также их источник питания размещены в переносном чемодане.
11. Устройство по любому из пп.1-10, отличающееся тем, что все электронные блоки в тракте сигнала до цифровой обработки, а также их источник питания размещены в стационарно установленном ящике прямоугольной формы.
12. Устройство по любому из пп.1-11, отличающееся тем, что упомянутое

устройство предназначено для осуществления контроля состояния лиц, содержащихся в заключении, в местах лишения свободы и заключения под стражу.

13. Устройство по любому из пп.1-11, отличающееся тем, что упомянутое устройство предназначено для осуществления контроля и/или охраны объекта, включая находящихся в нем лиц.

14. Устройство по любому из пп.1-11, отличающееся тем, что упомянутое устройство предназначено для обнаружения и/или определения местоположения живых организмов при защите в условиях катастроф, в частности землетрясений, оползней, сходов лавин, разрушения зданий и/или пожаров.

15. Способ обнаружения живых организмов, в частности обнаружения живых человеческих организмов, посредством приема электромагнитных сигналов, при котором из принимаемых электромагнитных сигналов получают частотные составляющие, характерные для живых организмов, отличающийся тем, что принимаемые электромагнитные сигналы подвергают прямой демодуляции в прямом демодуляторе для получения упомянутых частотных составляющих, причем упомянутый демодулятор содержит элемент с нелинейной вольт-амперной характеристикой в качестве частотно-селективного элемента для выделения частотных составляющих, характерных для живых организмов, в качестве выходного сигнала.

16. Способ по п.15, отличающийся тем, что принимаемый электромагнитный сигнал преобразуют на промежуточную частоту.

17. Способ по п.15 или 16, отличающийся тем, что принимаемый сигнал ограничивают в аналоговом виде в направлении верхних и нижних частот.

18. Способ по п.17, отличающийся тем, что принимаемые электромагнитные сигналы дискретизируют после операции фильтрации и преобразуют в цифровой сигнал.

19. Способ по п. 18, отличающийся тем, что цифровой сигнал подвергают свертке с использованием взвешивающей функции во временной области и инверсной передаточной функции приемного устройства.

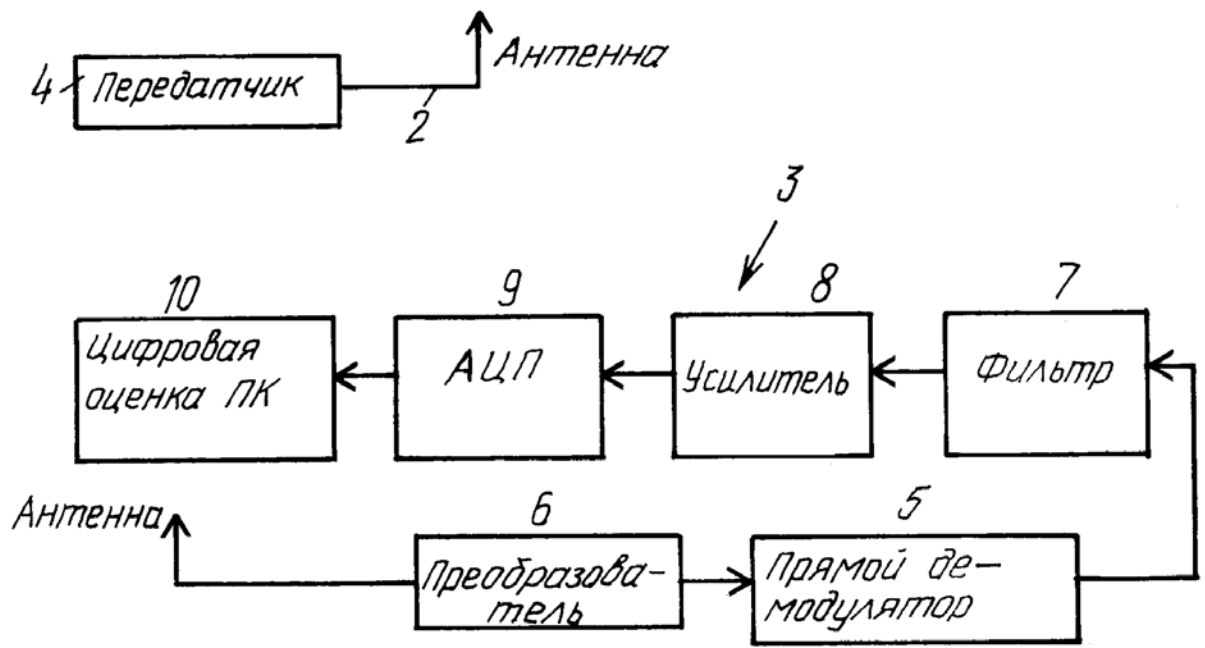
20. Способ по п.18 или 19, отличающийся тем, что цифровой сигнал перед его оценкой и представлением в качестве выходного сигнала преобразуют из временной области в частотную область.

21. Способ по п.20, отличающийся тем, что преобразованный сигнал анализируют в частотном диапазоне приблизительно от 0,01 Гц до 10 Гц, предпочтительно от 0,02 до 3 Гц, на наличие частотных составляющих сердечной и/или дыхательной деятельности, характерной для живых организмов.

22. Способ по любому из пп.15-21, отличающийся тем, что способ осуществляют для контроля состояния лиц, содержащихся в заключении, в местах лишения свободы и заключения под стражу.

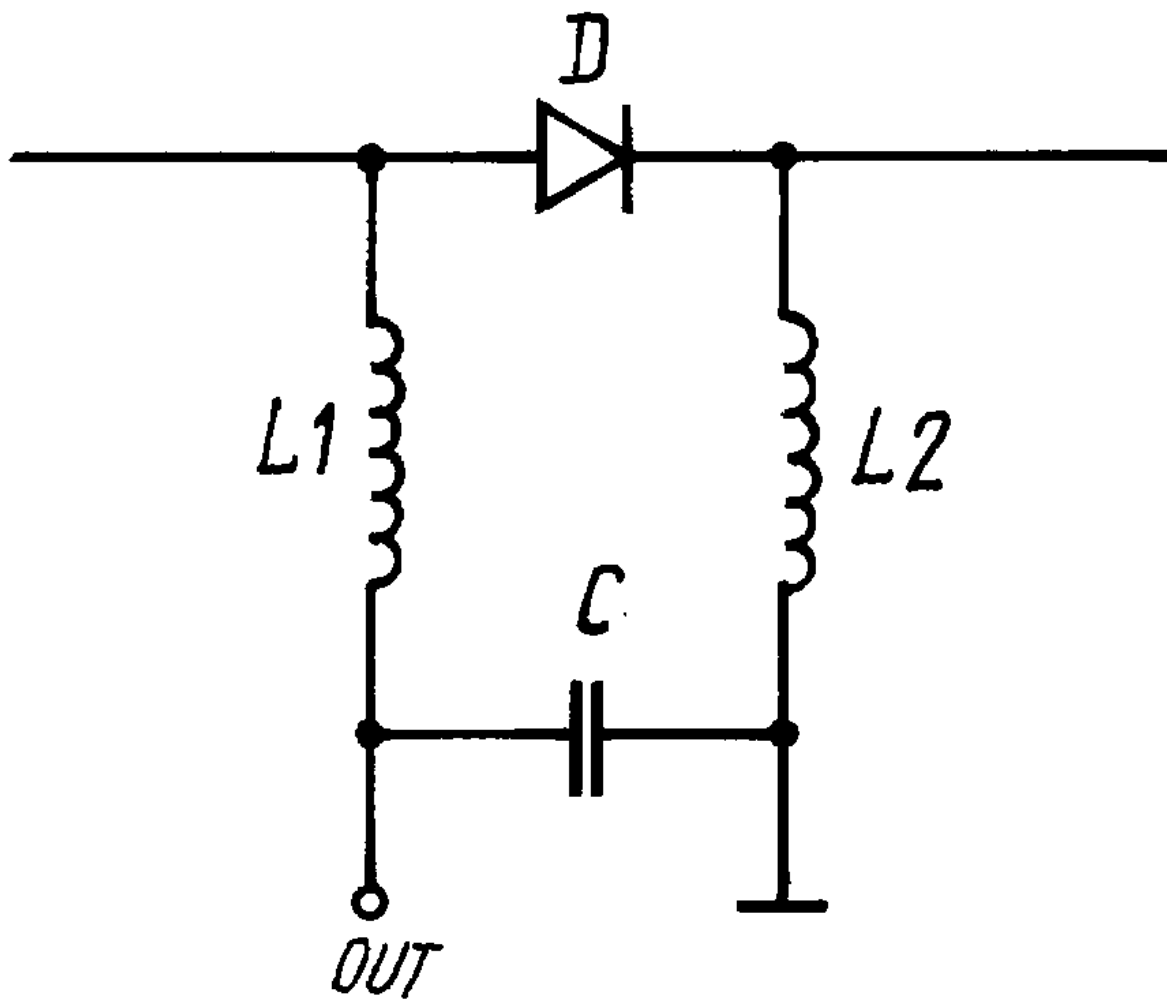
23. Способ по любому из пп.15-21, отличающийся тем, что способ осуществляют для контроля и/или охраны объекта, включая находящихся в нем лиц.

24. Способ по любому из пп.15-21, отличающийся тем, что способ осуществляют для обнаружения и/или определения местоположения живых организмов при защите в условиях катастроф, в частности землетрясений, оползней, сходов лавин, разрушения зданий и/или пожаров

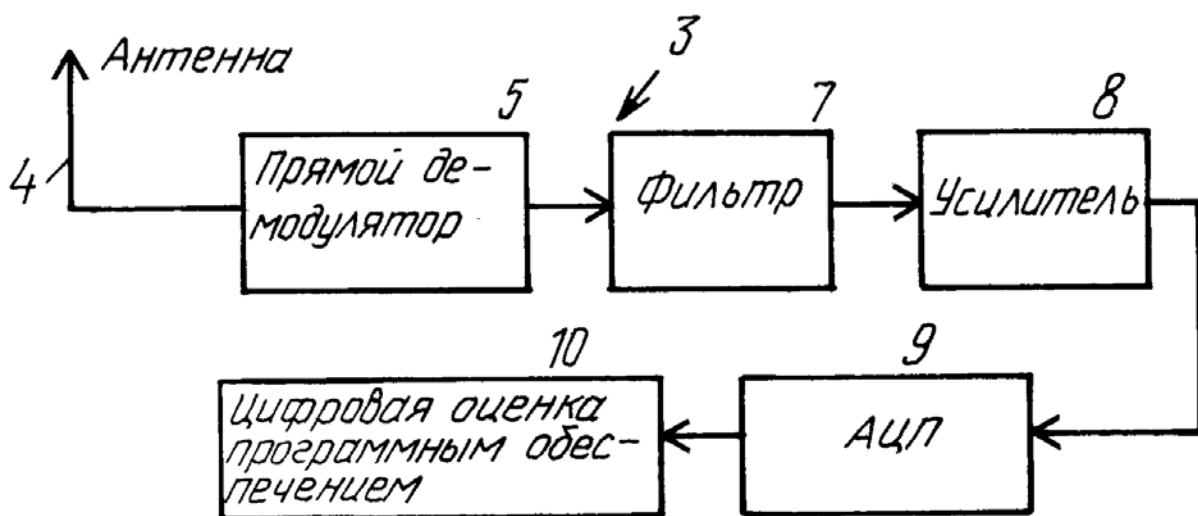


Фиг.1

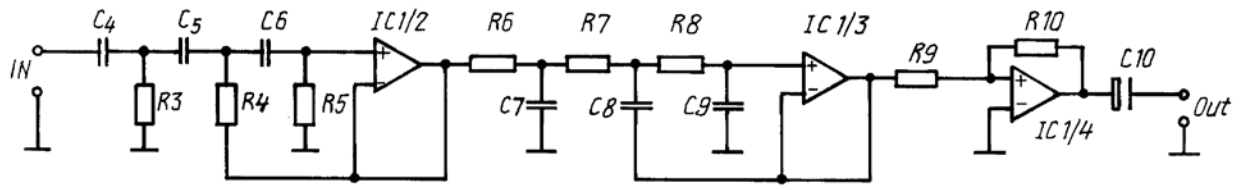




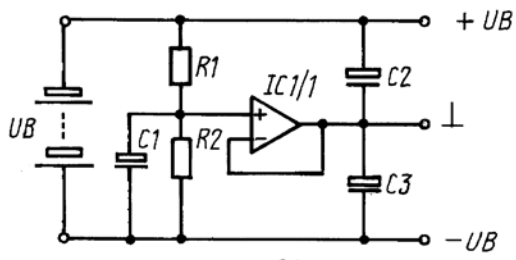
Фиг.7



Фиг.2



Фиг.8а



Фиг.8б