

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(19) RU⁽¹¹⁾

2160043⁽¹³⁾ C2

(51) МПК⁷ A61B5/04, 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: 96116325/14, 20.01.1995

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
20.01.1995

(45) Опубликовано: 10.12.2000

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 9417489 A1, 27.04.1996. GB 2218591 A1,
15.11.1989. DE 3209093 A1, 22.09.1983.

(85) Дата перевода заявки РСТ на национальную фазу:
20.08.1996

(86) Заявка РСТ:
DE 95/00065 (20.01.1995)

(87) Публикация РСТ:
WO 95/20171 (27.07.1995)

Адрес для переписки:
129010, Москва, ул. Большая Спасская 25, стр.3,
ООО "Городиский и Партнеры", Емельянову Е.И.

(54) СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ЖИЗНЕННЫХ ФУНКЦИЙ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ

(57) Реферат:

Изобретение относится к устройству и способу для обнаружения жизненных функций у живых организмов, предпочтительно человеческих организмов, с помощью электромагнитных сигналов и приемника для них, благодаря которым живые организмы можно достоверно отличать от мертвых. При этом приемник для электромагнитных сигналов содержит демодулятор для выделения частотных составляющих электромагнитных сигналов, характерных для живых организмов, непосредственно из принятых электромагнитных сигналов. Технический результат - повышение эффективности работ устройства и способа, возможность использования устройства в различных областях техники и народного хозяйства. 2 с. и 16 з. п.ф-лы, 16 ил.

Изобретение относится к устройству согласно ограничительной части пункта 1 формулы изобретения и способу согласно ограничительной части пункта 12

формулы изобретения, а также к применению данного способа и/или устройства. При создании данного изобретения было установлено, что живые организмы и, следовательно, живые человеческие тела неожиданно оказывают воздействие на высокочастотные электромагнитные сигналы за счет своих главных жизненных функций, то есть сердцебиения и дыхательной активности.

Поскольку эти жизненные функции обычно 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. После приема и регистрации электромагнитных сигналов эти диапазоны частот заметны, если люди находятся в зоне приема.

Кроме того, на основе принятых и обработанных сигналов можно получить информацию о количестве обнаруженных людей. В этом отношении используется принцип биологического разнообразия и специфичности, исходя из которого картины частот сердцебиения и дыхания разных людей отличаются. Обычно при числе людей более четырех дальнейшее однозначное определение невозможно из-за наложения соответствующих частот, начиная с этого числа можно только констатировать, что присутствуют по меньшей мере четыре человека.

В любом случае диапазон частот от 0,01 до 10 Гц включает все частоты, представляющие интерес с точки зрения жизненных функций организма. Неожиданно было то, что также без излучения передаваемой мощности, только посредством приемного устройства вместе с устройством для получения частотных составляющих, характерных для живых тел людей, можно было обеспечивать желаемый эффект идентификации жизненных функций.

Это означает, что уже присутствие одного живого организма, по меньшей мере вблизи приемного устройства, всегда дает обнаружимые составляющие сигнала в указанных диапазонах частот, исключая необходимость в сквозном облучении сигналом несущей.

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 тела на расстоянии до 3 м или приблизительно одного этажа здания.

В простейшем примере выполнения согласно изобретению было достаточно только описанного ниже демодулятора, выполненного в форме диодного приемника, чтобы принимать частотные составляющие, характерные для живых организмов.

Затем стали дополнительно применять передатчики, с помощью которых осуществляли сквозное облучение зоны обнаружения, и принимать отраженное, переданное или рассеянное излучение, анализ выраженных частотных составляющих которого доказывал наличие живых организмов.

Чтобы обеспечить возможность приема электромагнитного излучения даже через плотные развалины и даже на некотором расстоянии, использовали частоты электромагнитного излучения от нескольких сотен мегагерц 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 кратковременно устойчивых генераторов с отклонениями ниже 10^{-12} , которые до настоящего времени считались недостижимыми за разумную стоимость. Эта проблема обостряется еще больше из-за низких уровней мощности принимаемых сигналов.

Ниже поясняются некоторые преимущества описанных примеров выполнения, заявленных в зависимых пунктах формулы изобретения.

Применение известных фазовых модуляторов на первый взгляд кажется очевидным. Способы приема на нулевых биениях, гетеродинного приема и фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) и возбуждение фланга схемы гетеродина известны. Было обнаружено, что ни один из перечисленных способов не способен обеспечить требуемые результаты достаточно экономично на уровне разумных затрат. Только использование демодулятора, обеспечивающего прямое отделение частоты модуляции от модулированной частоты, дало желаемые результаты. Однако исходили из того, что при разумных расходах на подходящую аппаратуру, а также усовершенствованных схемных средствах упомянутые выше способы можно использовать в рамках данного изобретения.

При использовании элемента с нелинейной характеристикой тока/напряжения, например, частотно-селективного элемента, можно обеспечить демодуляцию частотных составляющих, представляющих интерес. Диод, биполярный или полевой транзистор, можно успешно использовать 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 подсоединить выше демодулятора устройство (средство) преобразования частоты. Хотя такое средство преобразования частоты добавляет допустимые искажения во временной области к сигналу, тем не менее оно накладывает только незначительный дополнительный шум.

Сигнал, подлежащий приему, можно поднять передающим устройством, предназначенным для передачи сигнала электромагнитной несущей, на установленную частоту; однако необходимо большое внимание уделять устойчивости частоты несущей, чтобы исключить нежелательные модуляционные эффекты в интересующем диапазоне частот. Простая, стабилизированная кварцем аналоговая передающая схема с генераторной схемой высокого качества оказалась подходящим генератором по истечении соответствующего времени установления.

Способ и устройство согласно изобретению можно также применять для контроля и/или охраны объекта. Ниже описаны конкретные примеры выполнения стационарных систем контроля.

Применение фильтра дискретизации аналогового сигнала не в качестве 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 в 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.

Неожиданно эффективная работа предложенного устройства и способа также позволяет использовать их в других областях.

Можно вести наблюдение за людьми с суицидальными стремлениями в психиатрических лечебницах или в местах заключения без необходимости в постоянном наблюдении персоналом, отвечающим за таких людей.

Ниже изобретение подробно поясняется описанием примера выполнения его конкретных модификаций со ссылкой на прилагаемые чертежи, на которых показано:

фиг. 1 - схематический вид основных узлов примера выполнения устройства согласно изобретению;

фиг. 2 - схематический вид упрощенного примера выполнения устройства согласно изобретению и его главных элементов;

фиг. 3 - схематический вид структуры цепи оценки;

фиг. 4 и 4а - алгоритмы реализации этапов обработки;

фиг. 5 и 6 - спектральные представления электромагнитных сигналов, обнаруженных с помощью устройства согласно изобретению с частотными составляющими, характерными для живых организмов (человеческих тел);

фиг. 7 - диодный прямой приемник без преобразователя, подключенного выше него;

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

фиг. 8b - схема симметризации напряжения;

фиг. 9 - вид сбоку схемы первого примера выполнения изобретения для контролирования жизненных функций;

фиг. 10 - вид снизу головной части примера выполнения, изображенного на фиг. 9;

фиг. 11 - вид сбоку второго примера выполнения изобретения для стационарной установки;

фиг. 12 - вид в сечении по линии А-А на фиг. 11 второго примера выполнения изобретения;

фиг. 13 - третий пример выполнения изобретения для контролирования помещения;

фиг. 14 - альтернативный пример выполнения системы по фиг. 13 для контролирования множества этажей здания;

фиг. 15 - другая система для контролирования помещения и/или здания;

фиг. 16 - еще одна система для контролирования помещения или зоны перед зданиями.

Ниже изобретение описывается сначала в общем виде, а затем более подробно со ссылкой на отдельные примеры выполнения.

На фиг. 1 изображено устройство с передатчиком 1 и передающей антенной 2, которая передает на фиксированной частоте, предпочтительно в диапазоне частот примерно от 1 МГц до 1 ГГц.

Передающая антенна 2 предпочтительно имеет фиксированную характеристику направленности лепесткового типа. В зависимости от соответствующего примера выполнения изобретения передатчик 1 и антенна 2 выполнены в форме

переносного узла или установлены стационарно.

Приемное устройство, в общем обозначенное позицией 3 и показанное в упрощенном виде на фиг. 2, содержит приемную антенну 4, связанную с демодулятором 5, который из принятого электромагнитного сигнала демодулирует частотные составляющие, характерные для живых тел. Такую демодуляцию выполняют в форме фазовой или частотной демодуляции и ее уже достаточно для того, чтобы обеспечить необходимые частотные составляющие на выходе демодулятора 5.

В примере выполнения демодулятора по отношению к показанному на фиг. 7 демодулятор может также содержать мостовую выпрямительную схему известного типа, которая обеспечивает полезный сигнал с удвоенным или умноженным напряжением.

В следующем примере выполнения приемное устройство 3 содержит средство преобразования частоты 6, подключенное выше демодулятора 5 и преобразующее сигналы, принятые выше от приблизительно диапазона 200 МГц-ГГц, в диапазоны частот, в которых демодулятор 5 имеет повышенные мощности приема. При использовании диодов, биполярного или полевого транзистора, оптимально подходящий рабочий диапазон, преобразованный с понижением, составляет приблизительно 100 кГц - 200 МГц.

Ниже 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 ниже фильтра 7, усиливает напряжение или, в альтернативном варианте, ток принятых сигналов и пропускает их для дискретизации в аналого-цифровой преобразователь. 1

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

При временной оценке сигналов цифровой сигнал для удаления из него искажений складывают или свертывают с обратной передаточной функцией приемного устройства 3.

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

Диодный приемник

Отраженный сигнал модулирован по фазе или частоте, обнаружение этой модуляции невозможно или чрезвычайно затруднено при использовании обычных процедур ЧМ (частотно-модулированного) или ФМ (фазомодулированного) приема. Чтобы точно детектировать сигнал, фазомодулированный с частотой 0,2

Гц, например, с помощью 10 ГГц, с точностью до $0,1 \pm 0,02$ Гц, понадобились бы кратковременно устойчивые синхронизированные генераторы с отклонениями ниже 10^{-12} . Это представляется недостижимым с технической точки зрения. Поэтому необходимо найти способ прямого обнаружения модуляции принятого сигнала.

Для этой цели подходят, например, элементы с очень существенными квадратичными характеристиками; ими, помимо прочего, могут быть полевые

транзисторы, элементы с экспоненциальными характеристиками, которые можно по частям аппроксимировать как квадратичные диоды и транзисторы. И если при этом сумму двух частот применить как приложенное принятое напряжение, это даст члены более высокого порядка.

Если есть квадратичный член, то кроме выпрямленного тока имеют место также разностные частоты. Поэтому для демодуляции фазомодулированного сигнала, отраженного обнаруженным человеком, можно использовать даже обычный выпрямитель, несмотря на очень высокие требования в отношении поведения частоты.

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

модуляции Ω и ее кратным $k \cdot \Omega$. Форма кривой модуляции не сохраняется с учетом принципа демодуляции, но было обнаружено, что эти изменения в форме кривой не имеют критического значения для большинства применений согласно изобретению, так как обнаружения модуляции может быть достаточно для таких применений.

Отношение сигнал-шум определяет уровень чувствительности в случае прямого определения. Для частоты дыхания, S/N, были получены значения выше 46 дБ, а для частоты сердцебиения - 26 дБ на расстоянии 3 мм и при мощности генератора около 5 мВт.

Если предположить, что сердце излучает сферические волны между мощностью передачи и приема, то существует зависимость, обратно пропорциональная расстоянию во второй степени. Следовательно, для отношений амплитуд частоты дыхания UA к шуму UN или частоты сердцебиения UN к шуму можно оценить, что предел приема с мощностью передачи 1 Вт составляет около 1 м для сердцебиения и типично 160 м для дыхания.

Антенны с малозумящими элементами с более высоким усилением могут соответственно увеличивать эти значения согласно изобретению. Это значит, что сигналы, подходящие для приема, можно ожидать в операции локации 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 низкосигнальный кремниевый диод марки 1N4148, затем кремниевый диод Шотки BAT46 и, наконец, два германиевых диода AA116 и AA144.

Диодный приемник был соответственно отрегулирован для 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 $v=0,940$, $Z=60,5$ Ом и BAT 46

1,3 ГГц: полуволновой симметричный вибратор с $v=0,906$, $Z=57,4$ Ом и BAT 46

2,4 ГГц: полуволновой симметричный вибратор с $v=9,40$, $Z=60,5$ Ом и BAT 46

5,6 ГГц: волновой многопроводной триадический симметричный вибратор с $v=0,73$, $Z=140$ Ом и BAT 46.

Было обнаружено, что при таком приемнике уровень чувствительности существенно падает по сравнению с приемником 2,4 ГГц. При 10 ГГц уже больше не было возможности обнаруживать полезное напряжение, поэтому диодный приемник на 10 ГГц был отклонен. Другие доступные диоды больше не проявили

какого-либо полезного выпрямительного эффекта на высоких частотах этого типа. Поскольку специалисты могут счесть сигналы согласно изобретению как находящиеся ниже уровня измерений, следует уделить большое внимание типам используемых антенн.

Антенны

Необходимо обеспечить максимально возможное защитное действие антенны в заднем полупространстве для локации, чтобы не принимать никакие сигналы, которые падают в противоположной зависимости к главному направлению излучения. По этой причине вторичные лепестки должны иметь минимальные размеры. Поэтому вся диаграмма излучения должна иметь как можно более узкий главный лепесток и не содержать вторичных (боковых) лепестков.

Входной импеданс антенн может и должен быть адаптирован согласно изобретению к реальным или сложным импедансам таким образом, чтобы обеспечивать адаптацию мощности для передатчиков и адаптацию шума для приемников. Однако одновременное выполнение этих требований за счет конструкции антенны невозможно.

Все используемые антенны являются антенными решетками осевого излучения, так как двухзеркальные антенны с аналогичными размерами всегда имеют худшее защитное действие в заднем полупространстве, так как конструкция волновода должна возбуждаться в заднем направлении. Антенны должны быть максимально широкополосными, чтобы исключить операцию корректировки. Логарифмически периодические конструкции 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 проблемы для применения согласно изобретению.

Поликоническая антенна может заменить поворотную параболическую антенну, поскольку отклонения от параболической конфигурации менее чем на $1/10$ длины волны не оказывают отрицательного действия на функционирование антенны. Даже для $1/5$ 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 возбуждение сравнительно дорого и сложно, и защитное действие в заднем полупространстве улучшается только при использовании отражателей, достаточно больших относительно длины волны и освещении которых ограничено внутренней областью.

Для преодоления проблем, связанных с поляризацией, в предлагаемых примерах выполнения с двумя более высокими частотами (5,6 ГГц и 10, 368 ГГц) в каждом случае использовали антенну с круговой поляризацией, с одной стороны, как приемную антенну, и, с другой стороны, как передающую антенну. Хотя, предположительно, это приводит к потерям типично 3 дБ, они невелики в сравнении с потерями, которые могут иметь место в случае взаимно поворачивающихся антенн с линейной поляризацией.

В одном примере выполнения с помощью только одной общей передающей/приемной антенны входящие и исходящие 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, разработанным согласно изобретению.

Модуляторы используются на более высоких частотах, скажем, выше 200 МГц, после преобразователей, которые преобразуют в промежуточную частоту 137,5 МГц. Как используемые диоды, так и транзисторы работают на этой частоте.

1. Диодный смеситель

Диодный смеситель содержит симметричную схему многократного 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 как прямого приемника, можно достичь четырехкратного выходного напряжения, так как источники теперь соединены последовательно. Возросшее при этом внутреннее сопротивление не имеет значения с точки зрения функций. 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 12 В/2 А час, снабженные схемой контроля напряжения и выключателем. Необходимость строгой изоляции всех источников питания друг от друга обусловлена тем, что использование сетевого блока уже создало значительные помехи и проблемы.

Таким образом, вся система полностью изолирована на передающей стороне, а на приемной стороне она соединена с сетью только через персональную ЭВМ, которая, однако, имеет форму питающегося от батареи блока в переносном исполнении.

1. Предусилитель

Предусилитель использует малошумящий четырехкратный операционный усилитель. Один из усилителей подключен как средство симметризации рабочего напряжения; другие три подключены как полосовые фильтры и связаны между собой через фильтры верхних частот.

Фильтр нижних частот ограничивает шум первого каскада. С помощью факультативного резистора можно питать диодный прямой приемник предразрядным током от предусилителя. Использовалось всего два модуля предусилителей с разными уровнями усиления. Поскольку чувствительность всей системы может вызывать перегрузку АЦП (аналого-цифрового преобразователя), 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. Неожиданно 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 фальсифицируют сигнал, препятствуя успешному достижению результата изобретения.

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 содержания 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 *r+27X теорему Котельникова (теорему о дискретном представлении) и если достаточен достигаемый динамический диапазон.

Складывание или свертка входного сигнала с помощью дискретизирующего фильтра приводит к амплитудному и фазовому 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 ограниченной частоты $f_s=2$ 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 "положительными" характеристиками относительно 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 фальсифицируется не только операцией квантования, то есть дискретизацией значений амплитуды, но имеет и дополнительный шум.

Этот шум можно с приближением считать 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 преобразователя, а не сигнал. 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, подключенный как повторитель напряжения, и RC-контур.

Искажения амплитуды, фазы и огибающей, вызванные частотными и фазовыми характеристиками всех фильтров, а также групповым временем задержки, можно аннулировать с помощью процедуры, при которой функцию времени складывают или свертывают с ее обратной передаточной функцией $T^{-1}(W)$ тракта предыдущего сигнала $T(W)$, в результате чего осуществляют полную компенсацию локации с полюсами и нулями. Это может понадобиться, если необходимо реконструировать исходный временной сигнал и поэтому следует исключить деформацию временного сигнала преобразователями и элементами передающей цепи. В случае использования, при котором требуется существенная детекция спектральной линии, это можно не делать.

В примере выполнения предложенной конструкции временной сигнал проходит из преобразователя (приемной антенны) в персональную ЭВМ (АЦП) через по меньшей мере один фильтр верхних частот 15-го порядка и один фильтр нижних частот двадцать первого порядка, которые получают из произведения передаточных функций отдельных элементов измерительной цепи (прямой смеситель, предусилитель, фильтр нижних частот 2^* , фильтр верхних частот 2^* , АЦП).

В случае необходимости динамическое поведение аналоговой части электронной системы может быть также улучшено с помощью узлов, прямо влияющих на компенсацию локации с полюсами и нулями. Благодаря этому можно снизить шум, улучшить неблагоприятные характеристики передачи или достичь оптимальных качеств передачи согласно приведенным критериям.

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 фальсифицируют измеряемый сигнал. Основные источники НЧ-шума - передающий генератор, генератор преобразователя и операционные усилители.

2. Медленные движения

Движения тела, подлежащего обнаружению, при постоянной скорости вызывают доплеровский сдвиг частоты, а значит, и спектральные составляющие, которые могут попадать в изучаемую полосу частот. В случае нерегулярных движений возникает широкая дополнительная полоса. Чем медленнее движения, тем ниже частота спектров, которые все труднее и 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 определяемые частоты, тем продолжительнее должен быть период, в течение которого необходимо проводить измерения. Поскольку невозможно гарантировать, что время измерения является кратным интегралом 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 ЭВМ офисного типа используются как центральные узлы, поскольку их мощности достаточно для выполнения поставленной задачи.

Схема, представленная на фиг. 4 и 4 а, дает общий вид этапов 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 с однополюсным разрешением 13 разрядов (общее разрешение 14 разрядов). Ширина окна прозрачности, выбранного для спектрального анализа, составляла 512 значений, что соответствовало приблизительно 33 секундам, в качестве этого окна прозрачности была выбрана финитная взвешивающая функция Хемминга.

На фиг. 5 показана частота сердцебиения исследуемого человека при остановленном дыхании. Спектральная составляющая выделяется настолько ясно, что дальнейшая обработка для обнаружения сердцебиения исследуемого человека не является необходимой. Количественный спектр нанесен в любых единицах относительно частоты в Герцах. Измерения проводили при частоте 2,4 ГГц, диодный прямой приемник, например, полуволновой симметричный вибратор (1/2 Dipol), использовали в качестве приемника, передатчиком служил гетеродин, дыхание было остановлено.

На фиг. 6 показан спектр сигнала, отраженного дышащим человеком, с применением диодного прямого приемника и логарифмической 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, что обнаружение живых людей возможно. В этом отношении ни стены, ни расстояние в несколько десятков метров не являются препятствием, достойным упоминания. 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 без необходимости проведения интенсивных 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. Следующий фильтр нижних частот третьего порядка ограничивает спектр до более высоких частот. Затем следует линейный усилительный каскад для согласования уровня. Рабочее напряжение симметризируют электронным путем, так что достаточно однополюсного источника. Два из этих блоков, находящиеся в каскадной зависимости, выполняют требования, предъявляемые теоремой Котельникова. Структурная схема диодного демодулятора

Диодный детектор, схема которого представлена на фиг. 7, служит для фазовой демодуляции принимаемого сигнала, который смешивают для получения промежуточной частоты, и как прямой демодулятор для разработанных приемных антенн. Такая схема соответствует типичному измерителю мощности; предразрядный или входной ток может быть приложен из выхода. Входной импеданс может быть адаптирован к ПЧ-смесителю или антеннам. Структурная схема диодного прямого приемника

Диодные прямые приемники содержат диодные детекторы с полуволновой или волновой длиной, умноженные на соответствующий коэффициент укорочения и которые предвключены соответствующим образом. Предразрядный или входной ток может быть приложен на выходе.

Кроме того, каждый блок снабжен собственным источником стабилизированного напряжения и собственным выключателем питания, чтобы блоки с долговременной постоянной (гетеродины, предусилители, фильтр нижних частот) могли работать в непрерывном режиме и находились в тепловом и электрическом равновесии, тогда как потребители или нагрузки с высоким потреблением тока (последние передающие каскады, преобразователи) можно было выключать между использованиями.

Ниже описываются предпочтительные примеры выполнения согласно изобретению.

Первый пример выполнения изобретения - система для контролирования жизненной функции дыхания и/или сердцебиения в медицинском секторе. В

здании 14 расположена передающая антенна 2 и приемная антенна 4 с соответствующими связанными с ними отражателями. Антенна 2, которая используется как передающая антенна, подключена к передатчику 1, который выдает мощность 20 мВт как заменяющую или эквивалентную нагрузку активных 377 Ом.

Горизонтальные и вертикальные углы раскрытия антенн адаптированы к соответствующему применению. Для осуществления контроля в блоках интенсивной терапии по меньшей мере приемная антенна имеет характеристику приема, содержащую небольшие вторичные лепестки, а ее основная зона детектирования приблизительно равна размеру грудной клетки человека. Приемная антенна 4, RX, подключена к приемнику, который с помощью преобразователя 6 преобразует входящие сигналы в указанный выше диапазон частот. Затем следует демодулятор 5, усилитель, фильтр 7 и блок управления для передачи сигнала.

Сигналы передают на дистанционный аналого-цифровой преобразователь 9 с помощью экранированных линий (на чертежах не показаны). Аналого-цифровой преобразователь 9 и следующая за ним описанная выше электронная система оценки расположены либо в портативном блоке, предпочтительно в виде небольшого чемодана, либо в стационарной, питающейся от сети аппаратуры, или же они являются частью центрального контролирующего узла с центральным дисплеем жизненных функций в форме спектров, показанных на фиг. 5 и 6, в клинической станции контроля. Чтобы точно оценивать сигналы во временной области, производят свертку с помощью обратной передаточной функции тракта сигнала, которая происходит перед

операцией аналого-цифрового преобразования. Таким образом, по существу моментальное состояние жизненных функций или, при использовании подходящих средств запоминания изображения, их история могут быть представлены на мониторах центральной клинической станции контроля или портативного устройства.

В более простом примере выполнения, представленном на фиг. 10, передняя панель 15 содержит выключатель питания 16 и оптический индикатор 17 и/или звуковой индикатор 18. Оптический индикатор 17 может быть установлен под прозрачной частью передней панели 15, как показано на фиг. 10, или над корпусом 15, как показано на фиг. 9. С помощью зажима 19, который только схематически показан на фиг. 9 в форме прижимного винта, этот первый пример выполнения согласно изобретению можно легко и быстро закрепить вблизи кроватей или на кровати пациентов, которых необходимо контролировать. Кроме того, согласно изобретению, в качестве фиксирующего устройства 19 используют любые другие альтернативные конструкции, например, механические соединительные устройства или байонетные приспособления с соответствующим стационарным взаимодействующим элементом. Таким образом, устройство можно закрепить на кровати или вблизи кровати пациента, подлежащего наблюдению, в домашней обстановке.

Навесной кронштейн 21 с поворотным шарнирным соединением 22 на конце кронштейна 21 позволяет управлять ориентацией устройства известным способом.

В следующем примере выполнения, показанном на фиг. 11, корпус 15 закреплен приблизительно в центре с помощью натяжного или привязного средства 23 на потолке 24 здания. Устройство 23 позволяет регулировать высоту и, в частности, позволяет перемещать корпус 15 вниз, чтобы можно было обеспечить оптимальное наблюдение за человеком, лежащим под устройством, поскольку

благодаря смещению устройства вверх оно не ограничивает свободы движений. Для надежного учета клинических факторов детектируемая ширина полосы частот ограничена диапазоном 0,02-6,0 Гц. При этом можно обнаружить дыхание с интервалом от 166 мс до 50с и сердцебиение с частотой от 1,2 до 360 ударов/мин. Электронная система оценки, расположенная в центральном месте, определяет высоту сигнала с ограниченным спектром и имеет установленную пороговую величину, при которой в случае отсутствия сигналов выдается предупреждение относительно жизненных функций, и включает оптический и/или звуковой сигнал тревоги или, если она интегрирована в систему контроля, сигнал тревоги передается в эту систему.

В другом альтернативном исполнении обнаружимые интервалы дыхания ограничены до менее 30 с, так что период для оценки сигналов также не продолжительнее приблизительно 30 с.

Главные области применения описанных выше примеров выполнения связаны с контролем за людьми, которые подвержены суицидным намерениям, беспроводным контролем за людьми, находящимися в коме, и людьми с ожоговыми ранами. В клинических, а также домашних условиях можно обеспечить контроль за людьми, нуждающимися в уходе и интенсивной терапии, а также контролировать жизненные функции младенцев, чтобы предотвратить внезапную смерть ребенка. Можно уменьшить или полностью исключить нарушения сна, характерные для блоков интенсивной терапии из-за наличия проводов, и помимо чисто механических неудобств также уменьшается психологическая нагрузка. Можно также определять частоту сердцебиения нерожденного ребенка при обследовании беременных. Это позволяет также осуществлять бесперебойный и непрерывный контроль без установки электродов.

В следующем примере выполнения согласно изобретению, изображенном на фиг. 13, комнату 25 контролируют с помощью передающего/приемного устройства, расположенного в одном углу потолка. Как было описано в связи с предыдущими примерами выполнения, передающая антенна 2 и приемная антенна 4 подключены к описанным выше электронным блокам для оценки сигнала. Передатчик 1 предпочтительно передает в диапазоне частот 300 МГц - 3 ГГц и выдает мощность от нескольких мВт до нескольких Вт при заменяющей или эквивалентной нагрузке активных 50 Ом или активных 377 Ом. В случае контроля комнаты антенны 2,4 выполнены в форме трехполюсных призм, как показано на фиг. 13.

В следующем примере выполнения, изображенном на фиг. 14, передающая/приемная антенна 2,4 с циркулярной поляризацией установлена на верхнем этаже 26 здания 27. Благодаря специальной конфигурации пространственных характеристик передачи передающей антенны 2 и пространственных характеристик приема антенны 4 они адаптированы к желаемой области приема, то есть к размерам контролируемого здания. Можно также установить множество передающих антенн 2 и множество приемных антенн 4 в областях, которые следует контролировать, и каждую подсоединить к электронной системе оценки.

В примере выполнения, изображенном на фиг. 15, передающая или приемная антенна 2,4 расположены за подвесным потолком 28. Большая площадь для расположения антенн упрощает точное определение зоны наблюдения. На фиг. 15 также показано другое скрытое контролирующее устройство в области боковой стены 29.

На фиг. 16, кроме контроля комнаты 30, также показана комбинация передающей/приемной антенны 2,4 для контроля участка перед зданием. В этом случае область 30, которая изображена только схематически, может быть

передним двором частного или общественного здания. Поэтому возможно, например, непрерывное наблюдение, охватывающее всю площадь, например, в психиатрических лечебницах или местах заключения. Кроме того, подключенная электронная система оценки может обеспечивать автоматическую сигнализацию, как уже описывалось в связи с применением в области медицины.

Следующей важной областью применения является сектор химической промышленности, а также на сооружениях открытого излучения, например, снабжения атомной энергией или производства и обогащения ядерного топлива. Области открытого излучения и воздействия химических веществ можно контролировать таким образом, что будет охвачена вся площадь, так что люди смогут входить в эти зоны, не вызывая сигнала тревоги, только если они узнаны, или при утечке вредных веществ можно выявить присутствие живых людей вблизи места, где произошла утечка.

Следующая важная область применения - тушение пожара целевым направленным способом. При использовании связующих кислород агентов или специальных способов для тушения огня вместо обычных агентов или способов во избежание ущерба для собственности (например, в случае пожара на печатном производстве или производстве ЭВМ), чтобы не создавать угрозу для людей, еще находящихся в помещениях, процедуры тушения огня можно начинать только после проверки мест пожара на наличие в них живых людей. Такой контроль предусмотрен законодательством при применении противопожарных агентов, но он очень противоречив с точки зрения проблем, связанных с безопасностью пожарной службы. С другой стороны, проверку мест пожара на наличие людей, которые, возможно, еще живы, следует проводить эффективно, быстро и дистанционно, то есть за рамками помещения, охваченного пламенем. При этом люди, находящиеся в помещении, охваченном огнем, обнаруживают и спасают быстрее, и пожарная служба подвергается меньшей опасности в источнике огня. Благодаря более быстрому началу тушения огня можно дополнительно минимизировать ущерб от пожара.

Формула изобретения

1. Устройство для обнаружения жизненных функций живых организмов, в частности, для обнаружения жизненных функций у живых человеческих организмов с помощью электромагнитных сигналов, включающее приемное устройство для электромагнитных сигналов, которое содержит устройство для получения частных составляющих, характерных для живых организмов, для различения живых организмов от мертвых, отличающееся тем, что приемное устройство содержит демодулятор для выделения частотных составляющих, характерных для живых организмов, непосредственно из принятых электромагнитных сигналов.
2. Устройство по п.1, отличающееся тем, что демодулятор включает в себя элемент с нелинейной характеристикой тока/напряжения в качестве частотно-селективного элемента для демодуляции частотных составляющих, характерных для живых организмов.
3. Устройство по п.2, отличающееся тем, что демодулятор включает в себя диод, биполярный или полевой транзистор в качестве частотно-селективного элемента.
4. Устройство по одному из пп.1 - 3, отличающееся тем, что приемное устройство включает в себя устройство преобразования частоты, предвключенное демодулятору.
5. Устройство по одному из пп.1 - 4, отличающееся тем, что содержит передающее устройство для передачи сигнала электромагнитной несущей на фиксированной частоте.

6. Устройство по п.5, отличающееся тем, что сигнал несущей находится в диапазоне частот примерно от 1 МГц до 1 ТГц.
7. Устройство по одному из пп.1 - 6, отличающееся тем, что устройство для получения частотных составляющих, характерных для живых организмов, включает в себя устройство для фильтрации, устройство для дискретизации, аналого-цифровой преобразователь и вычислительное устройство для спектрального анализа.
8. Устройство по п.7, отличающееся тем, что устройство для фильтрации включает в себя, по меньшей мере, один фильтр для дискретизации аналогового сигнала.
9. Устройство по п. 8, отличающееся тем, что фильтр для дискретизации ограничивает ширину полосы электромагнитного сигнала в направлении верхних частот перед операцией дискретизации и перед операцией аналого-цифрового преобразования.
10. Устройство по одному из пп.1 - 9, отличающееся тем, что как передающая антенна, так и приемная антенна установлены в общем корпусе для поворотного и наклонного движения с помощью съемного фиксирующего средства.
11. Устройство по одному из пп.1 - 9, отличающееся тем, что передающая антенна и приемная антенна установлены в общем корпусе, который закреплен на потолке посредством держателя, регулируемого по высоте.
12. Способ обнаружения жизненных функций у живых организмов, в частности, обнаружения жизненных функций у живых человеческих организмов, путем приема электромагнитных сигналов, при котором из принятых электромагнитных сигналов получают частотные составляющие, характерные для живых организмов, отличающийся тем, что частотные составляющие, характерные для живых организмов, получают из принятых электромагнитных сигналов непосредственно.
13. Способ по п.12, отличающийся тем, что принятый электромагнитный сигнал преобразуют в промежуточную частоту.
14. Способ по одному из пп.12 или 13, отличающийся тем, что принятый сигнал ограничивают в аналоговом виде в направлении верхних и нижних частот.
15. Способ по одному из пп.12 - 14, отличающийся тем, что принятый электромагнитный сигнал дискретизируют после операции фильтрации и преобразуют в цифровой сигнал.
16. Способ по п.15, отличающийся тем, что цифровой сигнал свертывают с помощью взвешивающей функции во временной области и обратной передаточной функции приемного устройства.
17. Способ по пп.14, 15 или 16, отличающийся тем, что цифровой сигнал трансформируют из временной области в частотную область перед его оценкой и представлением в качестве выходного сигнала.
18. Способ по п. 17, отличающийся тем, что трансформированный сигнал анализируют в диапазоне частот около 0,01 - 10 Гц, предпочтительно 0,02 - 3 Гц, на наличие частотных составляющих сердечной и/или дыхательной активности, характерных для живых организмов.