(19) Евразийское патентное ведомство

(21) 202291883 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2022.08.22

(22) Дата подачи заявки
2020.12.07

(51) Int. Cl. ***F42B 3/12*** (2006.01)
F42B 3/113 (2006.01)
F42D 1/05 (2006.01)

(54) БЕСПРОВОДНОЙ ЭЛЕКТРОННЫЙ ДЕТОНАТОР, СОДЕРЖАЩИЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ ПИТАНИЯ, УПРАВЛЯЕМЫЙ ОПТИЧЕСКИМ СИГНАЛОМ, БЕСПРОВОДНАЯ СИСТЕМА ДЕТОНАЦИИ И СПОСОБ ПРИВЕДЕНИЯ В ДЕЙСТВИЕ ТАКОГО ДЕТОНАТОРА

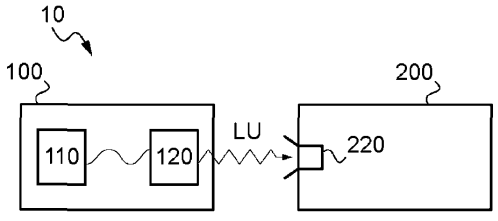
(31) **FR1913940**
(32) **2019.12.09**
(33) **FR**
(86) **PCT/FR2020/052324**
(87) **WO 2021/116584 2021.06.17**

(71) Заявитель:
КОММИССАРИАТ А Л'ЭНЕРДЖИЕ АТОМИКУЕ ЕТ АУКС ЭНЕРДЖИЕС АЛТЕРНАТИВЕС; ДЭВЕЙ БИКФОРД (FR)

(72) Изобретатель:
Биард Лайонел, Пиаже Бернар, Дешарль Мелани, Берг Винсент, Гюйон Франк (FR)

(74) Представитель:
Рыбина Н.А. (RU)

(57) Беспроводной электронный детонатор (200), включающий в себя основной источник (230) энергии и по меньшей мере один функциональный модуль (250), переключатель (240) питания, расположенный между основным источником энергии и функциональным модулем для соединения или разъединения функционального модуля (250) и основного источника (230) энергии, а также модуль (210) управления переключателем питания, включающий в себя оптический приемник (220) для распознавания и демодуляции светового сигнала (LU), излучаемого пультом (100) управления, и генерирования сигнала управления согласно демодулированному световому сигналу (LU), чтобы, по меньшей мере, управлять переключателем (240) питания; беспроводная система (10) детонации, которая включает в себя такой беспроводной электронный детонатор (200) и пульт (100) управления, выполненный с возможностью излучения светового сигнала (LU), и способ активации такого беспроводного электронного детонатора.



202291883 A1

202291883 A1

Беспроводной электронный детонатор, содержащий переключатель питания, управляемый с помощью оптического сигнала, беспроводная система детонации и способ активации такого детонатора.

Настоящее изобретение относится к беспроводному электронному детонатору.

Изобретение также относится к беспроводной системе детонации, а также к способу активации указанного электронного детонатора.

В этом документе способ активации означает включение или выключение электронного детонатора независимо от его инициирования.

Изобретение применяют в сфере инициирования пиротехники, в любом секторе, где обычно требуется реализовать сеть из одного или более детонаторов. Типичными примерами применения являются разработка шахт, карьеров, сейсмическая разведка или сектор строительства и гражданской инфраструктуры.

Во время применения электронные детонаторы, соответственно, размещают в местах, приспособленных для их приема и предназначенных для загрузки взрывчаткой. Такими местами являются, например, ямы, вырытые в грунте. Далее инициирование электронных детонаторов осуществляют согласно предварительно заданной последовательности.

Чтобы добиться этого результата, задержку инициирования ассоциируют отдельно с каждым электронным детонатором, а общий порядок взрывания транслируют в сеть электронных детонаторов с помощью пульта управления.

Этот общий порядок взрывания позволяет синхронизировать обратный отсчет времени задержки инициирования всех электронных детонаторов.

После приема команды на подрыв каждый электронный детонатор осуществляет обратный отсчет конкретной задержки инициирования, которая ассоциирована с ним, а также собственное инициирование.

Известны беспроводные электронные детонаторы, которые активируют с помощью пульта дистанционного управления, выполненного с возможностью осуществления связи с детонаторами с помощью радиоволн, например, для обмена с ними командами или сообщениями об их состоянии, или для передачи им команды на инициирование. Поэтому важным условием для создания беспроводного детонатора является энергонезависимость.

В документе WO 2019/073148 описан беспроводной электронный детонатор, включающий в себя источник энергии и функциональные модули, а также первое средство коммутации, расположенное между источником энергии и функциональными модулями, позволяющее подключать или не подключать источник энергии к

функциональным модулям, и модуль управления первым средством коммутации, включающий в себя модуль для улавливания энергии радиоизлучения, выполненный с возможностью приема радиосигнала, поступающего от пульта управления, улавливания электрической энергии из указанного принятого радиосигнала, генерирования сигнала из уловленной энергии, соответствующего уровню уловленной электрической энергии, и генерирования на выходе сигнала управления в соответствии с уловленной энергией, причем указанный сигнал управления обеспечивает управление указанным средством коммутации.

Таким образом, радиосигнал поступает от пульта управления на детонатор. На стороне детонатора для управления механизмом переключателя питания указанный принцип предполагает улавливание присутствующей в радиосигнале энергии с помощью соответствующей системы приема, т. е. модуля для улавливания энергии радиоизлучения. Это решение, в частности, обеспечивает следующие преимущества:

- активация не имеет приводимых в действие механических элементов, что позволяет разработать полностью герметичный корпус для детонатора, устойчивый к влиянию окружающей среды и обращению, и, таким образом, повысить надежность системы;

- активация детонатора может быть осуществлена только лицом, имеющим соответствующий пульт управления, то есть ограничена возможность активации любым лицом, не имеющим нужного оборудования;

- система является простой и быстрой в применении: Для активации детонатора достаточно приблизить пульт, чтобы дистанционно подать питание в систему переключателя и запустить автоматический контроллер беспроводного детонатора.

Однако эта система имеет недостатки.

В частности, радиус действия системы радиодетонации является довольно ограниченным. На практике он не превышает нескольких десятков сантиметров из-за нормативных ограничений на мощность радиоизлучения, что является помехой простоте применения.

Кроме того, не всегда можно четко нацелиться на конкретный детонатор, особенно когда несколько детонаторов расположены рядом друг с другом. Однако эта способность к различению является обязательной, чтобы со схемой подрыва не был ассоциирован неправильный детонатор, или чтобы детонатору не была назначена неправильная задержка инициирования. Существуют технологии, основанные на близком взаимодействии, направленных антеннах или на оценке расстояния между пультом активации и детонатором, например, предложенные в документе WO2019/073148, но их реализация на практике является сложной.

В связи с этим одной целью настоящего изобретения является по меньшей мере частичное преодоление вышеупомянутых недостатков, с одновременным обеспечением возможности получения других преимуществ.

Задачей настоящего изобретения является, в частности, предложить технологию дистанционной активации, которая обеспечивает более эффективное решение проблем, упомянутых выше.

В частности, задача настоящего изобретения относится к системе управления переключателем, то есть механизму, позволяющему выполнять или не выполнять активацию детонатора.

С этой целью, согласно первому аспекту изобретения, предложен беспроводной электронный детонатор, включающий в себя основной источник энергии и по меньшей мере один функциональный модуль, переключатель питания, расположенный между основным источником энергии и функциональным модулем, выполненный с возможностью соединения или разъединения функционального модуля и основного источника энергии, а также модуль управления переключателем питания, **отличающийся тем, что** модуль управления переключателем питания включает в себя оптический приемник, выполненный с возможностью распознавания и демодуляции светового сигнала, излучаемого пультом управления, и генерирования на выходе сигнала управления в соответствии с демодулированным световым сигналом, при этом указанный сигнал управления выполнен с возможностью по меньшей мере управления переключателем питания.

Таким образом, детонатор выполнен с возможностью приема и демодуляции светового сигнала, принятого от пульта управления (также называемого пультом телеактивации).

Когда световой сигнал демодулирован правильно, происходит активация переключателя питания и включение остальных электронных компонентов детонатора.

Основной источник энергии выполнен с возможностью питания разнообразных других элементов детонатора через переключатель питания.

Он включает в себя, например, автономный источник энергии или модуль для улавливания энергии в сочетании с локальным накопителем энергии, или модуль для обеспечения энергией, подключаемый с помощью кабеля.

Основной источник энергии, например, также выполнен с возможностью передачи энергии в элемент накопления энергии, предназначенный для инициирования подрывного запала функционального модуля.

Переключатель питания может походить на один из вариантов осуществления, представленных в документе WO 2019/073148.

Переключатель питания включает в себя, например, переключатель.

Согласно настоящему изобретению детонатор включает в себя модуль управления переключателем питания, то есть модуль управления, выполненный с возможностью управления переключателем питания.

Таким образом, модуль управления, например, выполнен с возможностью приема команды на инициирование и отдачи команды на инициирование подрывного запала в соответствии с упомянутой командой на инициирование.

Главным образом, для этого модуль управления включает в себя оптический приемник.

В предпочтительном иллюстративном варианте осуществления оптический приемник включает в себя оптический датчик, выполненный с возможностью распознавания светового сигнала, излучаемого пультом управления, и преобразование светового сигнала в электрический сигнал.

К примеру, оптический датчик содержит фотодиод, к которому необязательно добавлен резистор распознавания.

В предпочтительном иллюстративном варианте осуществления указанный детонатор дополнительно включает в себя демодулятор, выполненный с возможностью демодуляции электрического сигнала.

Согласно иллюстративному варианту осуществления, демодулятор включает в себя аналоговое согласующее устройство, выполненное с возможностью преобразования электрического сигнала, поступающего от аналогового оптического датчика, в цифровой сигнал.

Аналоговое согласующее устройство включает в себя, например, по меньшей мере один фильтр верхних частот, выполненный с возможностью устранения статической составляющей светового луча или даже фильтр с полосой пропускания.

Согласно иллюстративному варианту осуществления, демодулятор включает в себя цифровой обрабатывающий модуль, выполненный с возможностью демодуляции цифрового сигнала, например, для выявления двоичной последовательности, излучаемой пультом управления, и генерирования сигнала управления для управления переключателем питания, например, согласно двоичной последовательности.

Цифровой обрабатывающий модуль включает в себя, например, по меньшей мере, один компьютер и, необязательно, элемент памяти.

В этом документе элемент памяти обозначает как обычную память, так и регистр.

Например, чтобы распознать последовательность активации, принятый сигнал сопоставляют с опорным сигналом, например записанным в элементе памяти.

Цифровой обрабатывающий модуль выполнен с возможностью генерирования сигнала управления переключателем питания согласно результату указанного сопоставления.

Во всех случаях представленный в настоящем документе оптический приемник должен иметь питание.

Однако в идеальном случае система детонации должна потреблять как можно меньше энергии во избежание сокращения срока службы батареи детонатора перед его применением на местности, и максимально сохранять энергию основного источника энергии.

Поэтому энергопотребление должно быть низким, насколько это возможно.

Энергопотребление оптического датчика и цифрового обрабатывающего модуля являются теми показателями, которые следует уменьшить в первую очередь, чтобы достичь, если это возможно, энергопотребления системы примерно в несколько микроампер.

Энергопотребление оптического датчика обычно прямо пропорционально освещению.

Согласно первому примеру детонатор предпочтительно содержит по меньшей мере один оптический фильтр, расположенный перед оптическим датчиком, чтобы уменьшить интенсивность окружающего освещения без снижения эффективности распознавания.

Одной из целей является максимальное увеличение принятой световой мощности, соответствующей оптическому сигналу, с одновременным уменьшением, насколько это возможно, принятой мощности, которая соответствует окружающему освещению.

Это позволяет уменьшить потребляемый оптическим датчиком ток, обусловленный интенсивностью окружающего освещения.

Согласно второму примеру, оптический датчик предпочтительно включает в себя фотоэлектрический элемент.

Таким образом датчик в этом случае применяют в фотоэлектрическом режиме.

Для этого, например, он не поляризован напряжением источника питания.

Конструкция такого типа позволяет устранить, возможно, что и полностью, энергопотребление оптического датчика.

Таким образом можно очень хорошо контролировать энергопотребление и еще больше не зависеть от условий окружающего освещения.

Согласно третьему примеру, детонатор включает в себя режим низкого энергопотребления, выполненный с возможностью отсечки от питания по меньшей мере цифрового обрабатывающего модуля, что позволяет ограничить потребление электроэнергии в системе.

Так, например, в условиях естественного освещения интенсивность света изменяется медленно, поэтому на выходе аналогового согласующего устройства изменения отсутствуют из-за фильтрации верхних частот.

Как только происходит внезапное изменение освещения, на выходе аналогового согласующего устройства появляется перепад, применяемый для пробуждения цифрового обрабатывающего модуля.

Эта функция обычно может быть реализована в режиме низкого энергопотребления микроконтроллера.

Таким образом, энергопотребление может быть сокращено до менее чем одного микроампера (1 мкА).

Согласно четвертому примеру, чтобы избежать любого остаточного энергопотребления, например, в течение периода хранения детонатора (который может длиться несколько месяцев до его применения), применяют отсечку питания оптического приемника в зависимости от уровня освещения («режим темноты»).

Таким образом, детонатор включает в себя, например, модуль общей отсечки, выполненный с возможностью отсечки питания оптического приемника.

Модуль общей отсечки включает в себя, например, фототранзистор с высоким коэффициентом усиления (например, 40 мкА/100 лк), необязательно соединенный с резистором распознавания, выполненный с возможностью распознавания очень низкого уровня освещения, как правило, менее 100 люкс или даже 80 люкс, или даже 60 люкс, или даже 40 люкс, или даже 20 люкс, или даже 1 люкс.

Детонатор или даже, например, модуль общей отсечки также включает в себя, например, транзистор, действующий как переключатель, и резистор распознавания, выполненный с возможностью управления указанным транзистором.

Таким образом, когда детонатор находится в темноте, например, его хранят в ящике, питание оптического приемника полностью прекращено. Таким образом, энергопотребление почти равно нулю (за исключением токов утечки транзистора и фототранзистора, которые ничтожно малы).

Когда детонатор извлекают из коробки для применения, модуль общей отсечки подает питание на оптический приемник и, таким образом, детонатор переходит в режим ожидания оптической активации, осуществляемой пользователем (через пульт управления).

Согласно данному документу, функциональный модуль включает в себя, например, по меньшей мере один подрывной запал.

Согласно иллюстративному варианту осуществления, представляющему интерес, функциональный модуль дополнительно включает в себя элемент накопления энергии, предназначенный для инициирования подрывного запала.

Из соображений безопасности функциональный модуль предпочтительно также включает в себя переключатель для изолирования элемента накопления энергии, выполненный с возможностью активации или деактивации передачи энергии от основного источника энергии к элементу накопления энергии.

Также из соображений безопасности функциональный модуль может также включать в себя разрядное устройство, выполненное с возможностью медленной разрядки элемента накопления энергии для возвращения в безопасное состояние, например, в случае отключения детонатора.

Согласно варианту, представляющему интерес, функциональный модуль может также включать в себя переключатель инициирования, выполненный с возможностью обеспечения передачи энергии между элементом накопления энергии, предназначенным для инициирования, и подрывным запалом.

Согласно иллюстративному варианту осуществления, функциональный модуль дополнительно включает в себя компьютер, выполненный с возможностью управления работой детонатора.

Например, этот компьютер подключают к основному источнику энергии или отсоединяют от него с помощью переключателя питания.

Таким образом, компьютер, например, выполнен с возможностью приема сигнала и подачи команды на инициирование подрывного запала функционального модуля в соответствии с упомянутым сигналом.

Согласно другому варианту, представляющему интерес, детонатор выполнен с возможностью излучения обратного сигнала, когда оптический приемник детонатора по меньшей мере распознал световой сигнал, излучаемый пультом управления.

Пользователь может, например, быть предупрежден о том, что световой сигнал, излучаемый пультом управления, был, по меньшей мере, распознан по меньшей мере целевым детонатором.

Таким образом, включение детонатора производят путем оптической активации.

Например, детонатор выполнен с возможностью излучения обратного сигнала, непосредственно воспринимаемого пользователем, например, визуального или звукового сигнала.

Согласно другому примеру, детонатор выполнен с возможностью излучения обратного сигнала, выполненного с возможностью дальнейшего распознавания пультом управления, например, радиосигнала.

Такой детонатор имеет по меньшей мере те же преимущества, что и предыдущий уровень техники, представленный выше, в частности:

- с точки зрения надежности: это позволяет создать герметичный корпус и устранить механические элементы, ограничить или даже устранить риски плохого контакта и т. п.

- с точки зрения безопасности: для активации детонатора необходимо иметь соответствующий пульт управления (включающий в себя источник света),

- или с точки зрения простоты и скорости реализации: для активации детонатора не требуется физически и электрически подключать пульт управления к детонатору — активацию осуществляют бесконтактным способом.

И такой детонатор также имеет преимущество, по крайней мере, в том, что обеспечивает упрощенный режим работы благодаря расстоянию телеактивации: то есть нет необходимости применять вспомогательное средство для активации детонатора, например, шест для активации, не наклоняясь, детонатора, расположенного на земле, или люльку для активации детонатора, расположенного на высоте в подземной галерее.

Согласно второму аспекту изобретения также предложена беспроводная система детонации, которая включает в себя беспроводной электронный детонатор, включающий в себя по меньшей мере часть вышеуказанных функций, и пульт управления, выполненный с возможностью излучения светового сигнала для упомянутого беспроводного электронного детонатора.

На практике пользователь должен направить световой сигнал в направлении детонатора, который намерен активировать.

Беспроводная система детонации имеет функции и преимущества, аналогичные описанным выше для беспроводного электронного детонатора.

Кроме того, такой детонатор, ассоциированный с соответствующим пультом управления, дополнительно имеет по крайней мере следующие преимущества:

- С точки зрения радиуса действия: радиус действия увеличен, что позволяет на практике активировать детонатор на расстоянии нескольких метров согласно условиям окружающего освещения и мощности источника света.

- С точки зрения нормативных актов: эта система не подпадает под действие ограничительных норм, относящихся к системе радиоактивации, представленной в предыдущем уровне техники, позволяющей разработать систему с лучшими эксплуатационными характеристиками.

- С точки зрения безопасности: пульт управления позволяет точно наводить его на нужный детонатор, а направление светового луча, если сигнал излучен в видимом

диапазоне, может быть хорошо виден пользователю, что позволяет исключить любую неуверенность.

- С точки зрения гибкости: система может быть адаптирована к конкретным случаям применения, отличающимся от обычного случая. На практике возможна одновременная активация группы детонаторов за счет применения более широкого объектива, позволяющего подсвечивать несколько детонаторов. Эта технология может быть полезна во время подземных работ или когда схема подрыва уже настроена, и цель состоит в том, чтобы быстро включить питание нескольких детонаторов.

В особенно удобном иллюстративном варианте осуществления пульт управления содержит источник света, выполненный с возможностью излучения светового сигнала.

Такой источник света предпочтительно выполнен с возможностью излучения светового сигнала в видимом диапазоне, то есть светового сигнала с длиной волны примерно 400-800 нм.

Однако, согласно потребностям применения, световой сигнал также может быть излучен в инфракрасном (ИК) или ультрафиолетовом (УФ) диапазоне.

Применяемые технологии являются идентичными.

В отличие от видимого диапазона световой сигнал, излучаемый в ИК- или УФ-лучах, не воспринимается (как видимый) пользователем, что может осложнить применение системы детонатора, в частности для точного наведения на детонатор.

Для преодоления этого осложнения система детонации, таким образом, предпочтительно включает в себя систему помощи при наведении.

Однако система помощи при наведении также может быть полезна, когда применяют сигнал в видимом диапазоне.

Например, в соответствии с мощностью оптического луча или если освещенность среды является значительной, световой сигнал может быть менее заметным.

Таким образом, это может усложнить для пользователя наведение на детонатор.

В практическом примере пульт управления включает в себя датчик, выполненный с возможностью распознавания обратного сигнала, излучаемого детонатором.

Согласно варианту, представляющему интерес, пульт управления дополнительно включает в себя индикатор, выполненный с возможностью излучения предупреждающего сигнала, например, визуального или звукового, позволяющего предупредить пользователя о том, что световой сигнал, излучаемый источником света, был по меньшей мере распознан по меньшей мере целевым детонатором, или сообщить, что обратный сигнал действительно распознан пультом управления.

Таким образом, пульт управления включает в себя, например, светодиод или зуммер.

Такая конфигурация системы детонации образует систему помощи при наведении.

Таким образом, детонатор, например, выполнен с возможностью излучения обратного сигнала, когда его освещают лучом пульта управления.

Таким образом, в иллюстративном варианте осуществления, представляющим интерес, пульт управления выполнен с возможностью непрерывного излучения светового сигнала либо в течение предварительно заданного времени, либо по требованию пользователя.

Пользователь подсвечивает зону, в которой расположен детонатор, или даже более конкретно, оптический приемник детонатора, широким круговым движением.

Когда детонатор распознает ожидаемую световую последовательность, в детонаторе срабатывает простой визуальный обратный сигнал, например, с помощью светодиода, или звук, например, с помощью зуммера.

Согласно еще одному варианту, представляющему интерес, пульт управления дополнительно включает в себя объектив, выполненный с возможностью фокусировки светового сигнала по меньшей мере на одном детонаторе.

Объектив в этом документе обозначает оптический объектив, который называют регулируемым или сменным.

Применение такого объектива обеспечивает большую гибкость системы.

Например, таким образом возможна одновременная активация группы детонаторов за счет применения более широкоугольного объектива, позволяющего осветить несколько детонаторов.

Эта технология может быть полезна во время подземных работ или когда схема подрыва уже настроена, а цель заключается в том, чтобы быстро включить питание нескольких или всех детонаторов.

С точки зрения безопасности объектив, применяемый в составе пульта управления, позволяет точно нацеливать его на нужный детонатор(-ы).

В другом иллюстративном варианте осуществления пульт управления дополнительно включает в себя модулятор, выполненный с возможностью модуляции светового сигнала в соответствии с по меньшей мере одной схемой модуляции.

Таким образом, световой сигнал может быть смодулирован по схеме модуляции, что позволяет отличать его от естественного или искусственного окружающего освещения во избежание несвоевременного включения детонатора.

Таким образом, предпочтительно, модулированный световой сигнал включает в себя по меньшей мере одну последовательность активации.

Одним из преимуществ системы детонации, в которой применена оптическая модуляция, является возможность применения модулированного сигнала для передачи в детонатор полезных цифровых данных.

Это позволяет, например:

- Непосредственно передавать задержку инициирования детонатора во время его оптической активации.

- Предоставлять идентификатор пульта, посредством которого детонатор был активирован, или идентификатор пульта инициирования, который будет применен, что позволяет нескольким группам одновременно разворачивать сети детонаторов в одной зоне.

- Предоставлять код инициирования, специальный для конкретного детонатора, позволяющий избежать любого случайного инициирования детонаторов, не имеющих указанного кода.

Таким образом, например, модулированный световой сигнал включает в себя последовательность данных, выполненную с возможностью отправки в детонатор команд, например, величина задержки, и/или идентификатор, и/или код инициирования, или других.

Последовательность данных передают в световом сигнале после последовательности активации.

Кроме того, в случае светового луча, излучаемого в видимом диапазоне, пользователь визуально идентифицирует целевой детонатор, что затрудняет перехват или искажение информации и делает систему более безопасной.

Согласно еще одному варианту, представляющему интерес, модулированный световой сигнал включает в себя сигнал прекращения работы.

Чтобы осуществлять ту же функцию, что и ручной переключатель, система детонации с применением оптической модуляции предпочтительно позволяет выключать питание детонатора.

Это обеспечивает дополнительный уровень безопасности, например, если решено прекратить подрыв или просто прекратить работу детонатора, включенного ошибочно.

Учитывая наличие этой функции прекращения, могут быть применены две разные последовательности: одна последовательность для включения питания, а другая последовательность — для отключения питания.

Таким образом, пульт управления включает в себя, например модуль выбора, выполненный с возможностью разрешения пользователю выбрать одну или другую последовательность (т. е. последовательность активации или последовательность прекращения).

Наконец, согласно третьему аспекту предложен способ активации беспроводного электронного детонатора, включающего в себя основной источник энергии, по меньшей мере, один функциональный модуль, переключатель питания, расположенный между основным источником энергии и функциональным модулем, выполненный с возможностью соединения или разъединения функционального модуля и основного источника энергии, а также модуль управления переключателем питания.

Согласно изобретению указанный способ включает в себя следующие этапы:

- Прием светового сигнала;
- Демодуляция принятого светового сигнала;
- Генерирование сигнала управления в соответствии с демодулированным световым сигналом, причем сигнал управления выполнен с возможностью по меньшей мере управления переключателем питания.

Таким образом, функциональный модуль электронного детонатора активируют или включают с помощью переключателя питания, расположенного между основным источником энергии и функциональным модулем, управление которым осуществляют с помощью сигнала управления, сгенерированного, когда демодулированный световой сигнал соответствует по меньшей мере командам на активацию электронного детонатора.

Способ активации обладает признаками и преимуществами, аналогичными описанным выше для беспроводного электронного детонатора и беспроводной системы детонации.

Согласно варианту осуществления, представляющему интерес, этап приема светового сигнала включает в себя этап распознавания светового сигнала и этап преобразования светового сигнала в электрический сигнал.

Согласно варианту осуществления, представляющему интерес, этап демодуляции включает в себя этап преобразования электрического сигнала в цифровой сигнал и этап идентификации в цифровом сигнале по меньшей мере одной последовательности активации.

Если идентифицирована последовательность активации, то этап генерирования сигнала управления включает в себя этап активации переключателя питания.

Например, если цифровой сигнал соответствует опорному сигналу, включая, по меньшей мере, одну последовательность активации, происходит активация переключателя питания.

Здесь активация означает включение или выключение питания электронного детонатора, независимо от его инициирования, другими словами — управление им.

Согласно варианту, представляющему интерес, этап демодуляции дополнительно включает в себя этап идентификации в цифровом сигнале по меньшей мере одной последовательности данных.

Если последовательность данных идентифицирована, то этап генерирования сигнала управления включает в себя этап генерирования команд, соответствующих последовательности данных.

К примеру, после включения электронного детонатора с ним может быть ассоциирована задержка инициирования.

Это ассоциирование может быть реализовано немедленно после включения питания или через некоторое время после него.

В соответствии с различными вариантами осуществления, включение питания и ассоциирование задержки могут быть произведены с одного и того же пульта управления или с разных пультов управления.

Таким образом, развертывание электронных детонаторов может быть осуществлено разными способами.

При ассоциировании задержки с помощью различных пультов управления для включения питания и ассоциирования задержки, включение может быть осуществлено при установке, а ассоциирование задержки может быть осуществлено позже, когда все детонаторы включены.

При отложенном ассоциировании задержки все электронные детонаторы сначала включают во время их установки с помощью пульта управления. Затем электронные детонаторы могут быть переведены в спящий режим или в режим ожидания с периодической процедурой пробуждения. После установки и включения питания всех электронных детонаторов, задержки ассоциируют со всеми электронными детонаторами. Для этого электронные детонаторы могут быть оснащены любой заданной системой определения местоположения (например, GPS, системой измерения относительных расстояний или принятых мощностей сигнала между каждым электронным детонатором сети, необязательно требующей этапа постобработки и т. п.). Чтобы создать карту сети электронных детонаторов с их идентификаторами, необработанные данные каждого электронного детонатора (например, абсолютное местоположение, относительные расстояния или принятая мощность и т. п.) собирают, например, по радио с помощью пульта управления. Зная эту карту можно ассоциировать задержку с каждым электронным детонатором.

Можно выявить несоответствие между планируемой схемой подрыва и реальной картой электронных детонаторов, что позволяет отключить питание детонаторов, имеющих это несоответствие.

Когда включение питания и ассоциирование задержки производят с помощью различных пультов управления, эти две операции выполняют в разные моменты времени, с интервалом от нескольких минут до нескольких часов или даже нескольких дней, в зависимости от конкретного случая. В этом интервале могут быть учтены условия отключения, чтобы позволить электронному детонатору вернуться в выключенное состояние. Например, при отсутствии запроса световым сигналом через определенное время или отсутствии обмена или получения сообщений пультом управления во время операций периодического пробуждения электронного детонатора, цифровой обрабатывающий модуль может отключить питание электронного детонатора.

В конце концов, каждый из этих подходов завершается выполнением процедуры обычного инициирования.

Изобретение, согласно иллюстративному варианту осуществления, будет хорошо понято, а его преимущества будут очевидны после изучения следующего подробного описания, предоставленного исключительно с целью информирования, а не наложения каких-либо ограничений, со ссылкой на прилагаемые графические материалы, на которых:

[Фиг. 1] На Фиг. 1 показана система детонации согласно иллюстративному варианту осуществления данного изобретения;

[Фиг. 2] На Фиг. 2 показан пример псевдослучайной последовательности, соответствующей схеме модуляции;

[Фиг. 3] На Фиг. 3 показан беспроводной детонатор согласно иллюстративному варианту осуществления изобретения;

[Фиг. 4] На Фиг. 4 показан иллюстративный вариант осуществления оптического приемника;

[Фиг. 5] На Фиг. 5 показан первый иллюстративный вариант осуществления оптического приемника;

[Фиг. 6] На Фиг. 6 схематически показан пример спектра излучения источника света, содержащего светодиоды, в соответствии с длиной волны;

[Фиг. 7] На Фиг. 7 схематически показана спектральная чувствительность фотодиода по длине волны;

[Фиг. 8] На Фиг. 8 показаны спектральные характеристики фильтра, полученные на основе спектра излучения по Фиг. 6 и чувствительности фотодиода по Фиг. 7, в соответствии с длиной волны;

[Фиг. 9] На Фиг. 9 показан второй иллюстративный вариант осуществления оптического приемника;

[Фиг. 10] На Фиг. 10 показан третий вариант иллюстративного осуществления оптического приемника.

Одинаковые элементы, показанные на вышеперечисленных графических материалах, идентифицированы одинаковыми номерами позиций.

Согласно иллюстративному варианту осуществления аспекта изобретения, представленного на Фиг.1, система 10 детонации, главным образом, включает в себя:

- пульт 100 управления, выполненный с возможностью излучения модулированного светового сигнала LU, и

- детонатор 200, автономный с точки зрения энергообеспечения, выполненный с возможностью распознавания и демодуляции светового сигнала LU пульта 100 управления.

Согласно иллюстративному варианту осуществления, пульт 100 управления включает в себя источник модулированного света.

Как показано на Фиг. 1, пульт 100 управления включает в себя, например, источник 110 света, выполненный с возможностью излучения светового луча, содержащего световой сигнал, и модулятор 120, выполненный с возможностью модуляции светового сигнала в соответствии с по меньшей мере одной схемой модуляции.

Источник 110 света предпочтительно выполнен с возможностью излучения светового сигнала в видимом диапазоне, т. е. светового сигнала с длиной волны примерно 400-800 нм.

Источник света, выполненный с возможностью излучения сигнала в инфракрасном или ультрафиолетовом спектре, можно применять в соответствии с потребностями или предусмотренным применением.

Согласно варианту, который не показан, пульт управления может дополнительно включать в себя сменный объектив, также называемый регулируемым, выполненный с возможностью фокусировки светового сигнала на один или более детонаторах.

Таким образом, пульт управления может активировать один детонатор, например, если объектив выполнен с возможностью пропускания узкого луча, или одновременно активировать группу детонаторов, если объектив выполнен с возможностью пропускания более широкого луча, позволяющего освещать несколько детонаторов.

Согласно варианту, представляющему интерес, детонатор выполнен с возможностью излучения обратного сигнала, когда его освещают лучом пульта управления.

Детонатор включает в себя, например, визуальный или звуковой индикатор.

Детонатор также может быть выполнен с возможностью излучения обратного сигнала, выполненного с возможностью дальнейшего распознавания пультом управления, например, радиосигнала.

Согласно по меньшей мере одному другому варианту, представляющему интерес, пульт 100 управления может также дополнительно включать в себя датчик, выполненный с возможностью распознавания обратного сигнала, излучаемого детонатором, и индикатор, например, визуальный или звуковой, выполненный с возможностью оповещения пользователя о том, что световой сигнал, излучаемый источником 110 света, был по меньшей мере распознан по меньшей мере целевым детонатором или о том, что обратный сигнал действительно был распознан пультом управления.

Индикатор пульта управления или детонатора включает в себя, например, светодиод или зуммер.

Таким образом, система детонации оснащена системой помощи при наведении.

Пульт управления предпочтительно непрерывно излучает световую последовательность либо в течение предопределенного времени, либо по требованию пользователя.

Пользователь подсвечивает зону, в которой расположен детонатор 200, или даже более конкретно, оптический приемник 220 детонатора 200 (описанный далее), широким круговым движением.

Когда детонатор распознает ожидаемую световую последовательность, в детонаторе срабатывает простой визуальный обратный сигнал, например, с помощью светодиода, или звук, например, с помощью зуммера.

На Фиг. 2 показан пример схемы модуляции M, применяемой для модуляции светового сигнала LU, излучаемого пультом 100 управления.

На этой схеме представлена, в частности, модулированная псевдослучайная последовательность OOK (амплитудная манипуляция), но возможны и другие типы оптической модуляции.

Модуляция типа OOK имеет преимущество с точки зрения простоты реализации и не слишком сложной демодуляции, что позволяет ограничить стоимость детонатора.

Предпочтительно, для модуляции оптического сигнала, излучаемого пультом, применяют известную приемнику псевдослучайную последовательность, чтобы иметь возможность отличить ее с наименьшей возможной погрешностью от естественного или искусственного света (искусственное освещение определенного типа действительно имеет сигнал, хешированный в форме прямоугольных колебаний).

Чтобы избежать ложных срабатываний сигнализации, размер псевдослучайной последовательности должен быть достаточно длинным, как правило, более 32 битов.

Предпочтительно, чтобы скорость модуляции (частота) обычно составляла между 100 Гц и 10 кГц.

Это значение является достаточным, чтобы не быть слишком чувствительным к движениям пользователя, и не слишком высоким, что дает возможность ограничить стоимость приемника 220 путем, например, применения фотодиода 231 (показанного на Фиг. 5), который имеет ограниченную производительность.

Этот пример не является ограничительным. Могут быть применены другие типы модуляции, другие типы последовательностей, другие скорости модуляции.

Еще одним преимуществом системы с оптической модуляцией является возможность применения модулированного светового сигнала для передачи информации, то есть цифровых данных, требуемых для детонатора, оптическим способом.

Для этого в пульте управления модулируемый световой сигнал LU включает в себя, например, предпочтительно последовательность активации, которая имеет хорошие автокорреляционные свойства, как правило, это последовательность Касами.

Это позволяет приемнику, то есть детонатору, должным образом синхронизироваться с принятым сигналом, чтобы извлечь из него данные.

Последовательность данных включает в себя, например, двоичные данные, которые просто сцеплены с последовательностью активации.

Сообщение, отправленное пультом управления, включает в себя, например, следующие последовательности: [последовательность активации] – [последовательность данных].

Последовательность данных выполнена с возможностью отправки, например, значения задержки и/или идентификатора, и/или кода инициирования, или других данных.

Согласно одному примеру дополнительно к сообщению может быть добавлен контроль целостности типа CRC (контроль на основе циклического избыточного кода), чтобы иметь возможность контролировать результат демодуляции последовательности данных в детонаторе (т. е. приемнике).

Таким образом, сообщение, отправленное пультом управления, включает в себя, например, следующие последовательности: [последовательность активации] – [последовательность данных] – [последовательность контроля].

Согласно другому примеру также может быть добавлен код корректировки.

Таким образом, сообщение, отправленное пультом управления, включает в себя, например, следующие последовательности: [последовательность активации] –

[последовательность данных] – [последовательность контроля] – [последовательность корректировки].

Таким образом, согласно иллюстративному варианту осуществления, может быть применен блочный код Хемминга, включающий в себя последовательность данных и последовательность корректировки.

На стороне приемника, то есть на стороне детонатора, могут быть применены обычные технологии цифровой демодуляции.

Последовательность активации позволяет синхронизировать приемник с началом отправленного сообщения.

Простая регулярная выборка или фронтальное распознавание позволяют демодулировать содержимое сообщения.

Согласно еще одному варианту, представляющему интерес, модулированный световой сигнал LU включает в себя сигнал прекращения.

Чтобы осуществлять ту же функцию, что и ручной переключатель, система детонации с применением любой оптической модуляции предпочтительно позволяет выключать питание детонатора.

Это обеспечивает дополнительный уровень безопасности, например, если решено прекратить подрыв или просто прекратить работу детонатора, включенного ошибочно.

Учитывая наличие этой функции прекращения, могут быть применены две разные последовательности: одна последовательность для включения питания, а другая последовательность — для отключения питания.

Две последовательности предпочтительно являются квазиортогональными, чтобы ограничить риски неудовлетворительного распознавания излучаемой последовательности.

Например, две разные последовательности Касами позволяют удовлетворить это условие.

Одной из альтернатив может являться применение знака последовательности: обычно излучаемая последовательность приводит к положительному пику корреляции для запуска, но, излучаемая инверсным образом, она дает отрицательный пик корреляции, например, для прекращения работы.

То есть необходим единственный коррелятор, решающее значение в котором имеет только знак результата.

Однако последовательности Касами предпочтительны, поскольку для взаимной корреляции, независимо от смещения между последовательностями, они дают результат, близкий к 0.

Таким образом, пульт управления должен позволять пользователю выбирать одну или другую последовательность (т. е. последовательность активации или последовательность прекращения).

В приемнике цифровой обрабатывающий модуль оптического приемника детонатора (описанный ниже) выполнен с возможностью, например, распознавания одной или другой последовательности. Корреляционные обработки, например, дублируют путем поочередного применения одной последовательности, а затем другой последовательности в качестве опорной последовательности.

На Фиг. 3 показан иллюстративный вариант осуществления детонатора 200.

Детонатор 200, по изобретению являющийся автономным с точки зрения энергообеспечения, согласно настоящему документу включает в себя модуль 210 управления, который включает в себя оптический приемник 220, выполненный с возможностью оптической активации детонатора.

Оптический приемник 220 позволяет, в частности, демодулировать световой луч LU, отправленный пультом 100, и генерировать сигнал для управления переключателем 240 питания.

Кроме того, детонатор 200 включает в себя, например, следующие элементы:

- основной источник 230 энергии (например, автономный источник энергии, или модуль для улавливания энергии в сочетании с локальным накопителем энергии, или модуль для обеспечения энергией, подключаемой с помощью кабеля), который позволяет питать различные другие элементы детонатора через переключатель 240 питания и передавать энергию в элемент 253 накопления энергии, предназначенный для инициирования подрывного запала 256.

- переключатель питания 240, например, включает в себя переключатель K10, который позволяет управлять питанием различных электронных элементов функционального модуля 250 от основного источника 230 энергии. Этот переключатель 240 питания может походить на один из вариантов осуществления, представленных в документе WO 2019/073148.

- и функциональный модуль 250.

Функциональный модуль 250 включает в себя, например, следующие электронные элементы:

- компьютер 251, который позволяет управлять работой электронного детонатора. Компьютер 251 подсоединяют к основному источнику 230 энергии или отсоединяют от него с помощью переключателя 240 питания.

- элемент 253 накопления энергии, предназначенный для инициирования подрывного запала 256.

- переключатель 252 для изолирования элемента накопления энергии, включающий в себя, например, переключатель K20, позволяющий активировать или деактивировать передачу энергии от основного источника 230 энергии к элементу 253 накопления энергии, независимо от поступления энергии от основного источника 230 энергии к компьютеру 251.

- разрядное устройство 254, которое образует механизм безопасности и позволяет медленно разряжать предназначенный для инициирования элемент 253 накопления энергии, чтобы вернуться в безопасное состояние при выключении питания.

- переключатель 255 инициирования, включая, например, переключатель K30, позволяющий передавать энергию между элементом 253 накопления энергии, предназначенным для инициирования, и подрывным запалом 256.

- и подрывной запал 256.

Оптический приемник 220 согласно иллюстративному варианту осуществления изображен на Фиг.4.

Оптический приемник 220 на Фиг. 4 главным образом включает в себя:

- оптический датчик 221, выполненный с возможностью преобразования принятого светового сигнала LU в электрический сигнал; и

- демодулятор 222, выполненный с возможностью демодуляции принятого светового сигнала и генерирования сигнала управления переключателем 240 питания.

В этом документе демодулятор 222 включает в себя, например:

- аналоговое согласующее устройство 223, выполненное с возможностью преобразования электрического сигнала оптического датчика 221, являющегося аналоговым, в цифровой сигнал; и

- цифровой обрабатывающий модуль 224, выполненный с возможностью демодуляции цифрового сигнала с целью выявления двоичной последовательности, излучаемой пультом 100 управления, и генерирования сигнала управления по меньшей мере для управления переключателем 240 питания согласно указанной двоичной последовательности.

Согласно настоящему документу, цифровой обрабатывающий модуль 224 и/или компьютер 251, например, выполнены с возможностью:

- управления работой электронного детонатора 200;

- анализа сообщений, принятых через пульт 100 управления;

- выполнения действий в соответствии с содержанием принимаемых сообщений;

- активации накопления энергии для инициирования в элементе 253 накопления энергии;

- осуществления обратного отсчета времени задержки инициирования, ассоциированного с электронным детонатором 200;

- активации, после обратного отсчета, передачи энергии от элемента 253 накопления энергии к подрывному запалу 24 через переключатель 255 инициирования;

- активации разрядного устройства 254;

- управления переключателем 240 питания;

- управления переключателем 252 изолирования элемента накопления энергии.

На Фиг. 5 показан иллюстративный вариант осуществления оптического приемника 220, описанного на Фиг. 4.

Оптический датчик 221 включает в себя фотодиод 231, преобразующий световой сигнал LU в электрический ток.

Оптический датчик 221 также включает в себя резистор 232 распознавания, который позволяет обрабатывать напряжение, применяемое в аналоговом согласующем устройстве 223.

Резистор 232 распознавания рассчитан так, чтобы в условиях значительной яркости сигнал не становился насыщенным, что могло бы сделать систему неэффективной. И наоборот, слишком низкое значение ухудшает динамические характеристики электрического сигнала, что влечет за собой уменьшение радиуса действия системы детонации.

Полагая максимально возможное освещение Emax (обычно 130 000 люкс), чувствительность S фотодиода 231 А/люкс и напряжение питания Vdd, резистор 232 распознавания, имеющий сопротивление, обозначенное как R, следует проверить через соотношение Vdd = R x S x Emax, которое должно находиться на пределе насыщенности в условиях максимального освещения.

Параметры пары [фотодиод 231 – резистор 232 распознавания], таким образом, определяют, в основном, характеристику системы с точки зрения радиуса действия.

Аналоговое согласующее устройство 223 включает в себя по меньшей мере один фильтр верхних частот, чтобы устранить статическую составляющую, связанную с естественным освещением и движениями пользователя.

Это устройство может включать в себя полосовой фильтр (который, таким образом, соответствует фильтру верхних частот, к которому добавлен фильтр нижних частот), чтобы также устранить возможные высокочастотные помехи.

В примере реализации, показанном на Фиг. 5, аналоговое согласующее устройство 223 включает в себя полосовой фильтр (пара R_1C_1 (резистор-конденсатор) на выводе «+» (плюс) компаратора 233 определяет высокую частоту, а пара R_2C_2 на выводе «–»

(минус) — низкую частоту), что позволяет устранить статическую составляющую сигнала, связанную с уровнем окружающего освещения.

Отфильтрованные сигналы подают в компаратор 233 для получения двоичного сигнала на выходе компаратора 233, то есть на выходе согласующего аналогового устройства 223.

Аналоговое согласующее устройство 223 включает в себя, например, компаратор и/или оперативный усилитель.

Наконец, цифровой обрабатывающий модуль 224, в который подают цифровой сигнал, включает в себя, например, по меньшей мере, один компьютер (обычно микроконтроллер или специальную цифровую схему) и, необязательно, элемент памяти.

Принятый сигнал коррелируется с предусмотренным опорным сигналом так, чтобы распознать наличие сигнала активации.

Предусмотренный опорный сигнал может быть предварительно записан в цифровом обрабатывающем модуле 224.

На этом уровне применима любая известная технология демодуляции цифрового сигнала.

Когда последовательность активации распознана, цифровой обрабатывающий модуль 224 генерирует сигнал управления, выполненный с возможностью управления переключателем 240 питания в активном положении, например в замкнутом положении, если это переключатель, так, чтобы включить питание других элементов детонатора.

Однако эти функциональные возможности могут быть применены иначе, чем в варианте осуществления, показанном на Фиг. 5.

Например, для совместного задействования аппаратных ресурсов можно, например, осуществлять цифровую обработку в компьютере 251 функционального модуля 250. Таким образом, общая архитектура должна быть несколько переработана таким образом, чтобы смонтировать компьютер 251 в схеме перед переключателем 240 питания.

Другими словами, компьютер 251 функционального модуля 250 и цифровой обрабатывающий модуль 224 могут, таким образом, быть сгруппированы вместе в единый компонент, предпочтительно расположенный перед переключателем 240 питания, например, в оптическом приемнике 220.

Кроме того, часть компьютера может оставаться неактивной (в режиме низкого энергопотребления) до тех пор, пока не будет принята световая последовательность.

Также возможно применение других стратегий для демодуляции светового сигнала, обусловливающих другую аппаратную архитектуру оптического приемника 220. Например, аналоговое согласующее устройство 223 может быть заменено оцифровкой

поступающего от оптического приемника необработанного сигнала с помощью АЦП (аналогово-цифрового преобразователя), который далее может быть обработан непосредственно компьютером цифрового обрабатывающего модуля 224.

Во всех случаях представленному оптическому приемнику требуется питание.

Однако в идеальном случае система детонации должна потреблять как можно меньше энергии во избежание сокращения срока службы батареи детонатора перед его применением на местности.

Поэтому энергопотребление должно быть низким, насколько это возможно, чтобы система представляла как можно больший интерес с практической точки зрения.

Обычно энергопотребление оптического приемника 220 прямо пропорционально освещенности.

Как правило, для фотодиода с чувствительностью 40 нА/100 лк потребление составляет 52 мкА при максимальном солнечном освещении 130 000 люкс.

Энергопотребление аналогового согласующего устройства 223 обычно составляет от 1 мкА до 30 мкА в зависимости от применяемого компаратора или оперативного усилителя.

Выбор компаратора 233, имеющего уменьшенное произведение [коэффициент усиления × полоса пропускания], позволяет выбрать компоненты, энергопотребление которых составляет около одного микроампера (мкА).

Это происходит в ущерб допустимой скорости модуляции, но она не является критическим элементом системы.

Наконец, цифровой обрабатывающий модуль 224 обычно потребляет несколько миллиампер во время осуществления обработки.

Таким образом, энергопотребление оптического датчика 221 и цифрового обрабатывающего модуля 224 являются теми показателями, которые следует уменьшить в первую очередь, чтобы достичь, если это возможно, энергопотребления системы примерно в несколько микроампер.

Таким образом, первый подход предусматривает, например, добавление оптического фильтра перед фотодиодом 231 оптического датчика 221, чтобы уменьшить интенсивность окружающего освещения без ухудшения эффективности распознавания.

Одной из целей является максимальное увеличение принятой световой мощности, соответствующей оптическому сигналу, с одновременным уменьшением, насколько это возможно, принятой мощности, которая соответствует окружающему освещению.

Это позволяет уменьшить потребляемый оптическим датчиком ток, который связан с интенсивностью окружающего освещения.

Источник света пульта 100 управления имеет очень специфический спектр излучения (Фиг. 6), а фотодиод 231 имеет характерную спектральную чувствительность (Фиг. 7).

Эти два элемента, таким образом, действуют как усилительные фильтрующие каскады Gtx(λ) и Grx(λ), в зависимости от длины волны светового сигнала λ, излучаемого пультом 100 управления.

Оптическая мощность Prx, превращенная фотодиодом 231 в электрическую мощность, таким образом, выражена через мощность Ptx, излучаемую пультом, рассеивание, связанное с расстоянием R, освещенный телесный угол Ω и соответствующие коэффициенты усиления Gtx и Grx, в соответствии со следующей формулой:

$Prx = [(Grx.Gtx) / \Omega R^2].Ptx$

Для заданного расстояния и фокусного расстояния принятая мощность является максимальной, когда усиление (Gtx.Grx) является максимальным, то есть для заданной длины волны λ (Фиг. 8).

Таким образом применение дополнительного фильтра в окрестности этой длины волны позволяет максимально увеличить прием на этой длине волны и уменьшить прием на других длинах волны, что соответствует желаемой цели.

Таким образом, оптимальную ширину оптического фильтра рассчитывают в соответствии с реакцией фильтра на естественное освещение, которую желательно уменьшить.

На практике, таким образом, можно сократить энергопотребление оптического датчика в 3 раза.

Второй подход предполагает, например, применение в оптическом датчике 221 фотоэлектрического эффекта фотодетектора 234.

Согласно этому документу фотодетектор 234 применяют в фотоэлектрическом режиме, как в схеме, изображенной на Фиг. 9.

Для этого, например, его не поляризуют напряжением источника питания.

Фотодиод, как и в предыдущем примере, не позволяет генерировать ток, достаточный для практического применения. Необходимо увеличить поверхность фоточувствительного элемента, применив фотоэлектрическую панель уменьшенных размеров или несколько фотодиодов, включенных параллельно.

Такая конструкция позволяет устранить, возможно, что и полностью, энергопотребление оптического датчика.

Таким образом можно очень хорошо контролировать энергопотребление и еще больше не зависеть от условий окружающего освещения.

Согласно третьему подходу, с целью ограничения энергопотребления также возможна отсечка питания цифрового обрабатывающего модуля.

Например, цифровой обрабатывающий модуль 224 включает в себя режим низкого энергопотребления, позволяющий отсекать питание часов и, необязательно, питание цифровой электроники.

Наличие изменения состояния цифрового сигнала на выходе компаратора применяют, к примеру, для вывода системы из режима низкого энергопотребления.

Так, в условиях естественного освещения интенсивность света изменяется медленно, поэтому на выходе аналогового согласующего устройства изменения отсутствуют из-за фильтрации нижних частот.

Как только происходит внезапное изменение освещения, на выходе аналогового согласующего устройства появляется перепад, применяемый для пробуждения цифрового обрабатывающего модуля.

Эта функция обычно может быть реализована в режиме низкого энергопотребления микроконтроллера.

Таким образом, энергопотребление может быть сокращено до по меньшей мере одного микроампера (1 мкА).

Согласно четвертому подходу, чтобы избежать любого остаточного энергопотребления, например, в течение периода хранения детонатора (который может длиться несколько месяцев до его применения), применяют общую отсечку питания в зависимости от уровня освещенности («режим темноты»).

Как показано на Фиг. 10, применен каскад для дополнительного распознавания уровня освещения с возможностью настройки, позволяющей произвольно насыщать выходной сигнал, как только возникает очень низкий уровень освещенности.

Для этого каскад дополнительного распознавания уровня освещенности включает в себя, например, фототранзистор 235 с высоким коэффициентом усиления (например, 40 мкА/100 лк) и резистор 237 распознавания, значение настройки которого позволяет распознавать очень низкий уровень освещения, как правило, в несколько десятков люкс.

Напряжение на выводах резистора 237 распознавания позволяет управлять транзистором 236, действующим как переключатель.

Таким образом, каскад 221 оптического распознавания остается неизменным. Перед последним применен дополнительный каскад (но основанный на том же принципе), при этом этот дополнительный каскад имеет иную настройку каскада оптического распознавания.

Таким образом, когда детонатор находится в темноте, например, хранится в ящике, его питание полностью прекращено. Таким образом, энергопотребление почти равно

нулю (за исключением токов утечки транзистора 236 и фототранзистора 235, которые ничтожно малы).

Когда детонатор извлекают из коробки для применения, каскад общей отсечки подает питание на оптический приемник 220 и, таким образом, детонатор переходит в режим ожидания оптической активации, осуществляемой пользователем (через пульт управления).

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Беспроводной электронный детонатор (200), включающий в себя основной источник (230) энергии и по меньшей мере один функциональный модуль (250), переключатель (240) питания, расположенный между основным источником (230) энергии и функциональным модулем (250), выполнен с возможностью подсоединения или разъединения функционального модуля (250) и основного источника (230) энергии, а также модуль (210) управления переключателем питания, отличающийся тем, что функциональный модуль (250) дополнительно содержит по меньшей мере один подрывной запал (256) и элемент (253) накопления энергии, предназначенный для инициирования подрывного запала (256), и тем, что модуль (210) управления переключателем питания содержит оптический приемник (220), выполненный с возможностью распознавания и демодуляции светового сигнала (LU), излучаемого пультом (100) управления, и генерирования на выходе сигнала управления в соответствии с демодулированным световым сигналом (LU), причем указанный сигнал управления выполнен с возможностью по меньшей мере управления переключателем (240) питания.

2. Детонатор (200) по п. 1. отличающийся тем, что оптический приемник (220) включает в себя оптический датчик (221), выполненный с возможностью распознавания светового сигнала (LU), излучаемого пультом (100) управления, и преобразование светового сигнала (LU) в электрический сигнал.

3. Детонатор (200) по п.2, отличающийся тем, что детонатор включает в себя по меньшей мере один оптический фильтр, расположенный перед оптическим датчиком (221).

4. Детонатор (200) по любому из п. 2 или 3, отличающийся тем, что оптический датчик (221) включает в себя фотоэлектрический элемент (234).

5. Детонатор (200) по любому из пп. 1–4, отличающийся тем, что указанный детонатор включает в себя демодулятор (222), выполненный с возможностью демодуляции электрического сигнала.

6. Детонатор (200) по п.5, отличающийся тем, что демодулятор (222) включает в себя аналоговое согласующее устройство (223), выполненное с возможностью преобразования электрического сигнала, поступающего от оптического датчика (221), в цифровой сигнал.

7. Детонатор (200) по п.6, отличающийся тем, что демодулятор (222) включает в себя цифровой обрабатывающий модуль (224), выполненный с возможностью демодуляции цифрового сигнала и генерирования сигнала управления для управления переключателем (240) питания.

8. Детонатор (200) по п.7, отличающийся тем, что указанный детонатор включает в себя режим низкого энергопотребления, выполненный с возможностью отсечки питания по меньшей мере цифрового обрабатывающего модуля (224).

9. Детонатор (200) по любому из пп. 1–8, отличающийся тем, что он включает в себя модуль общей отсечки, выполненный с возможностью отсечки питания оптического приемника (220).

10. Детонатор (200) по п. 9, отличающийся тем, что модуль общей отсечки включает в себя фототранзистор (235) с высоким коэффициентом усиления, соединенный с резистором (237) распознавания, выполненный с возможностью распознавания очень низкого уровня освещения, и транзистором (236), действующим как переключатель, при этом резистор (237) распознавания выполнен с возможностью управления транзистором (236).

11. Детонатор (200) по любому из пп. 1–10, отличающийся тем, что детонатор выполнен с возможностью излучения обратного сигнала, когда оптический приемник (220) по меньшей мере распознал световой сигнал (LU), излучаемый пультом (100) управления.

12. Беспроводная система (10) детонации, включающая в себя беспроводной электронный детонатор (200) по любому из пп. 1–11, и пульт (100) управления, выполненный с возможностью излучения светового сигнала (LU) на упомянутый беспроводной электронный детонатор (200).

13. Система (10) детонации по п.12, отличающаяся тем, что пульт (100) управления включает в себя объектив, выполненный с возможностью фокусировки светового сигнала (LU), по меньшей мере, на одном детонаторе (200).

14. Система (10) детонации по одному из п. 12 или 13, отличающаяся тем, что пульт (100) управления включает в себя модулятор (120), выполненный с возможностью модуляции светового сигнала (LU) согласно по меньшей мере одной схеме модуляции (M).

15. Система (10) детонации по одному из пп. 12–14, отличающаяся тем, что модулированный световой сигнал (LU) включает в себя по меньшей мере одну последовательность активации.

16. Система (10) детонации по одному из пп. 12–15, отличающаяся тем, что модулированный световой сигнал (LU) включает в себя последовательность данных, выполненную с возможностью отправки команд в детонатор (200).

17. Способ активации беспроводного электронного детонатора (200), который включает в себя основной источник (230) энергии, по меньшей мере один функциональный модуль (250), который включает в себя по меньшей мере один подрывной запал (256) и элемент (253) накопления энергии, предназначенный для инициирования подрывного запала (256), переключатель (240) питания, расположенный между основным источником (230) энергии и функциональным модулем (250), выполненный с возможностью соединения или разъединения функционального модуля (250) и основного источника (230) энергии, и модуль (210) управления переключателем питания, причем указанный способ включает в себя следующие этапы:

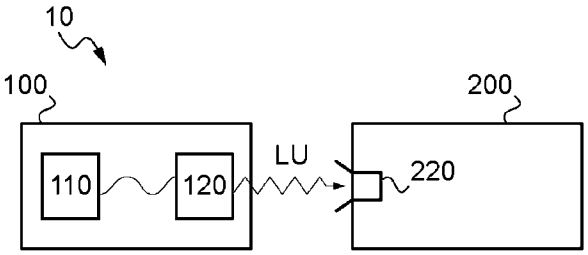
- Прием светового сигнала (LU);
- Демодуляция полученного светового сигнала (LU);
- Генерирование сигнала управления в соответствии с демодулированным световым сигналом (LU), при этом сигнал управления выполнен с возможностью по меньшей мере управления переключателем (240) питания.

18. Способ активации по п.17, в котором этап приема светового сигнала (LU) включает в себя этап распознавания светового сигнала (LU) и этап преобразования светового сигнала (LU) в электрический сигнал.

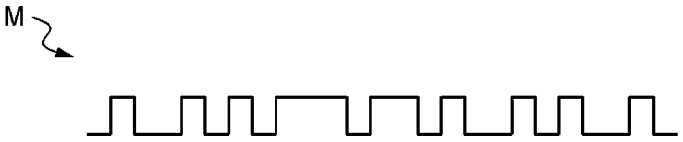
19. Способ активации по любому из п. 17 или 18, в котором этап демодуляции включает в себя этап преобразования электрического сигнала в цифровой сигнал и этап идентификации в цифровом сигнале по меньшей мере одной последовательности активации, и, если последовательность активации идентифицирована, тогда этап генерирования сигнала управления включает в себя этап активации переключателя (240) питания.

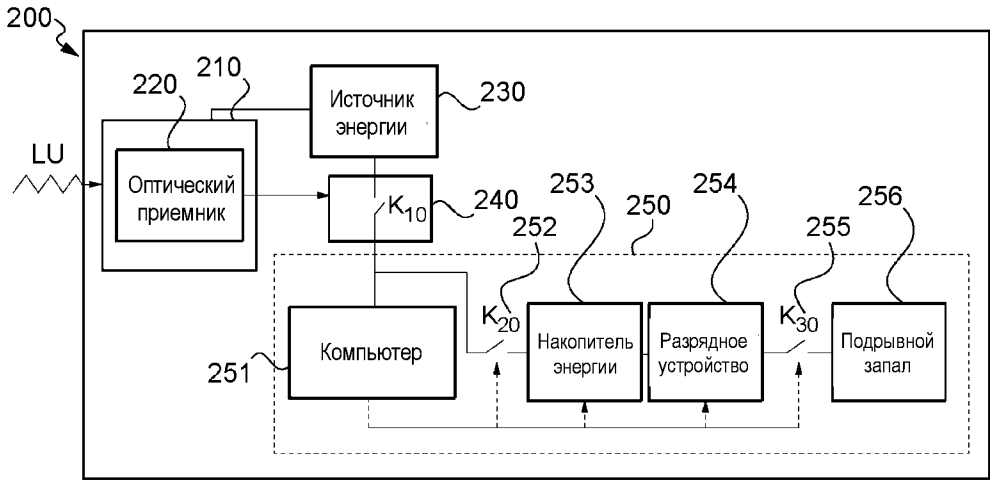
20. Способ активации по любому из пп. 17–19, в котором этап демодуляции включает в себя этап идентификации в цифровом сигнале по меньшей мере одной последовательности данных, и, если последовательность данных идентифицирована, тогда этап генерирования сигнала управления включает в себя этап генерирования команд, соответствующих последовательности данных.

Фиг. 1

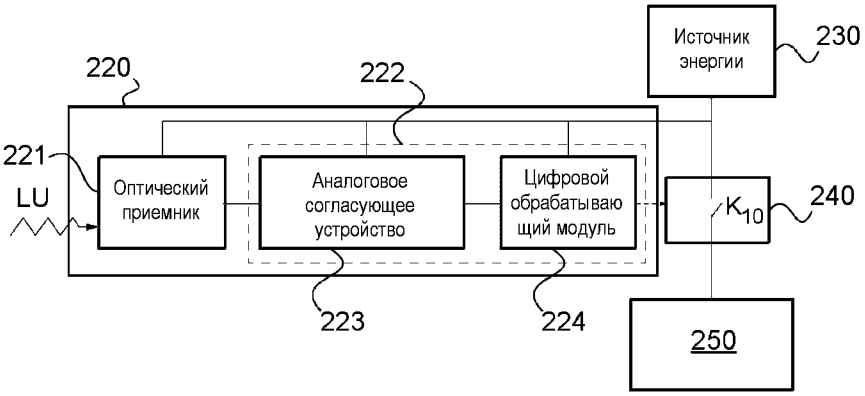


Фиг. 2

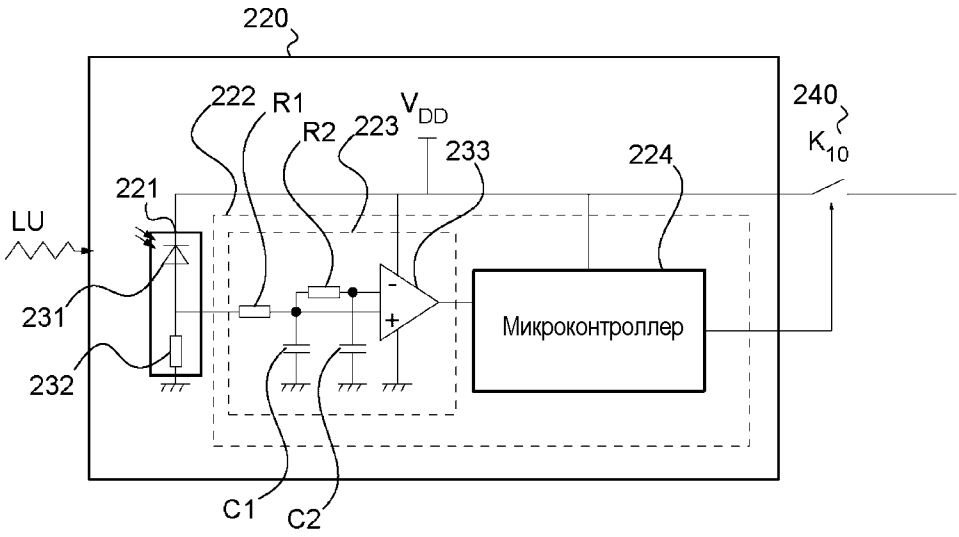




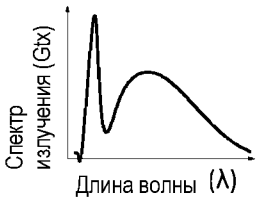
Фиг. 3


Источник энергии
230
220
222
221
LU
Оптический приемник
Аналоговое согласующее устройство
Цифровой обрабатывающий модуль
K10
240
223
224
250

Фиг. 4

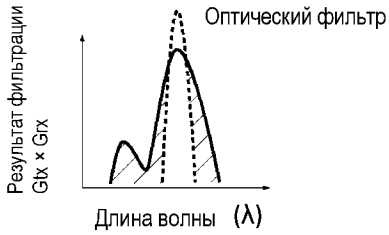

220
222
R1
R2
223
VDD
233
224
240
K10
221
LU
231
232
Микроконтроллер
C1
C2

Фиг. 5

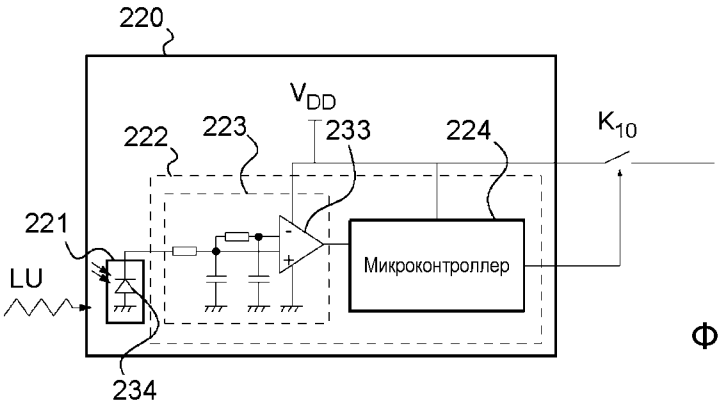


Фиг. 6

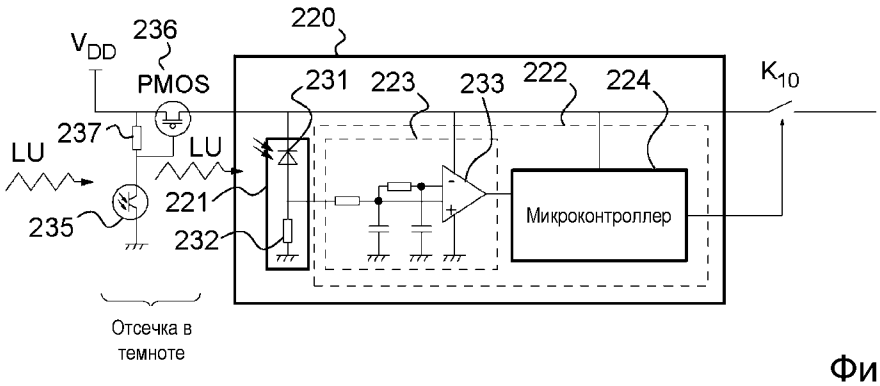
Фиг. 7



Фиг. 8



Фиг. 9



Фиг. 10