

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **042602**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.03.03

(51) Int. Cl. **G08C 17/02** (2006.01)
G12B 7/00 (2006.01)

(21) Номер заявки
202200124

(22) Дата подачи заявки
2020.06.25

(54) **СПОСОБ И УСТРОЙСТВО БЕСПРОВОДНОЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ**

(31) **2020112155**

(32) **2020.03.25**

(33) **RU**

(43) **2022.11.30**

(86) **PCT/RU2020/000158**

(87) **WO 2021/194367 2021.09.30**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ
ОБЩЕСТВО "СИБУР
ХОЛДИНГ" (ПАО "СИБУР
ХОЛДИНГ") (RU)**

(56) **US-B1-6967589
WO-A1-2007066853
CN-A-109587650
US-A1-20090225517**

(72) Изобретатель:
**Головлев Александр Александрович,
Калинин Александр Витольдович,
Ежов Василий Сергеевич, Цига
Юстина Олеговна, Ровный Виталий
Игоревич, Кадицкий Никита
Артёмович, Квак Юрий Валерьевич
(RU)**

(74) Представитель:
Герасин Б.В. (RU)

(57) Изобретение, в общем, относится к беспроводной передаче данных, а в частности к беспроводной передаче данных, полученных с внешних датчиков, в условиях сверхнизких температур и взрывоопасных средах. Техническим результатом, проявляющимся при решении вышеуказанной задачи, является повышение надежности устройства, за счет обеспечения его работоспособности в сверхнизких температурах. Устройство беспроводной передачи данных, предназначенное для работы в условиях сверхнизких температур, содержит взрывозащитный корпус, внутри которого установлена печатная плата, на которой расположены главный микроконтроллер, микроконтроллер управления приемопередатчиком, модуль приемопередатчика, источник питания, внутренний датчик температуры, нагревательные элементы, разъемы, предназначенные для подключения внешних датчиков.

B1

042602

042602

B1

Область техники

Изобретение, в общем, относится к беспроводной передаче данных, а в частности к беспроводной передаче данных, полученных с внешних датчиков в условиях работы во взрывоопасных средах и при сверхнизких температурах.

Уровень техники

В настоящее время организация мониторинга технологических параметров и состояния оборудования на базе беспроводных сетей приобретает все большую популярность во всех сферах жизнедеятельности. Развитие IoT (Internet of Thing) технологий позволило решить проблемы мониторинга работы критически важных объектов в труднодоступных местах. С развитием IoT технологий в отдельный сегмент выделились сети семейства LPWAN (Low Power Wide Area Networks) - беспроводная технология передачи небольших по объему данных на дальние расстояния, разработанная для распределенных сетей телеметрии, межмашинного взаимодействия и интернета вещей. LPWAN является одной из беспроводных технологий, обеспечивающих среду сбора данных с различного оборудования: датчиков, счётчиков и сенсоров. Основные проблемы LPWAN заключались в отсутствии унифицированного протокола, обеспечивающего единый формат передачи данных для разных производителей устройств и достаточно высокое потребление мощности при передаче данных на основе такой системы. Вследствии чего, в скором времени появилась новая технология энергоэффективных сетей дальнего радиуса действия - LoRaWAN (Long Range Wide Area Network). Технология LoRaWAN позволила подключать различные измерительные преобразователи, такие как датчики, на большие расстояния, предлагая при этом оптимальное время автономной работы и минимальные требования к инфраструктуре. Внедрение систем мониторинга на основе LoRaWAN в промышленных отраслях, таких как сельское хозяйство, добыча нефти и газа и т.п., позволило повысить производительность, снизить трудозатраты на сбор и анализ данных, контролировать износ оборудования, за счет чего своевременно предотвращать аварии, повысить точность замеров и многое другое. Не смотря на широкое развитие сетей LoRaWAN, по-прежнему существуют проблемы эксплуатации систем мониторинга в агрессивных средах, например во взрывоопасных средах и/или при сверхнизких температурах. Поэтому применение беспроводных устройств передачи показаний различных измерительных преобразователей в агрессивных средах имеет весьма существенное значение.

Из уровня техники известен датчик температуры Vega TD-11 (см. <https://shop.nag.ru/catalog/28584.LoRaWAN/31448.Schyotchiki-datchiki-radiomodemy/26741.Vega-TD-11#link-description>). Указанный датчик представляет собой передающее LoRaWAN устройство с внешним измерительным элементом. Устройство может выходить на связь с заданным периодом и передавать показания температуры в сеть LoRaWAN™. Элементом питания для термодатчика служит впаиваемая батарея. Минимальная рабочая температура передающего устройства составляет -40°C. Корпус передающего устройства обладает пылевлагозащищенностью.

Недостатком такого решения является то, что минимальная рабочая температура передающего устройства (-40°C) не предназначена для передачи показаний датчика в сверхнизких температурах (от -40°C и ниже). Другим существенным недостатком является то, что указанный датчик не предназначен для работы во взрывоопасных средах. Еще одним недостатком является отсутствие вариативности параметров измеряемых величин и отсутствие возможности подключения нескольких датчиков.

Из уровня техники также известен взрывозащищенный датчик, выполненный с возможностью передачи данных по протоколу LoRaWAN, раскрытый в патенте Китая CN 109587650 A (NINGXIA RUIBO NETWORK CO LTD), опубл. 05.04.2019. Указанный датчик представляет собой передающее LoRaWAN устройство с внешними измерительными элементами. Указанное передающее устройство способно обрабатывать данные показаний датчика температуры и виброскорости. Корпус передающего устройства и подключаемых датчиков выполнены во взрывозащитном исполнении, за счет использования взрывозащитного корпуса, а также использования конструктивных элементов (батарея, микроконтроллер и т.д.), изготовленных из жаростойких материалов, все элементы устройства залиты компаундом.

Недостатком указанного решения является то, что передающее устройство не предназначено для эксплуатации в сверхнизких температурах (от -40°C и ниже).

Общим недостатком существующих решений в данной области является отсутствие беспроводных устройств передачи показаний датчиков по сетям LoRaWAN, предназначенных для эксплуатации в агрессивных средах, в частности для работы в условиях сверхнизких температур, в том числе и во взрывоопасных средах. Также, такого рода устройство должно иметь длительный срок службы и иметь возможность удаленной конфигурации.

Сущность технического решения

Данное изобретение направлено на устранение недостатков, присущих существующим решениям, известным из уровня техники.

Решением технической проблемы или технической задачей является создание нового устройства беспроводной передачи данных, предназначенного для работы в условиях сверхнизких температур.

Техническим результатом, проявляющимся при решении вышеуказанной задачи, является повышение надежности устройства, за счет обеспечения его работоспособности в условиях сверхнизких температур и взрывоопасных средах.

Еще одним техническим результатом, проявляющимся при решении вышеуказанной задачи, является расширение арсенала технических средств данного назначения.

Указанные технические результаты достигаются благодаря осуществлению устройства беспроводной передачи данных в условиях сверхнизких температур, содержащего взрывозащитный корпус, внутри которого установлена печатная плата, на которой расположены: главный микроконтроллер, выполненный с возможностью обработки данных, полученных от внешних датчиков, и установки периода отправки полученных данных, при этом главный микроконтроллер выполнен с возможностью взаимодействия с микроконтроллером управления приемопередатчиком, внутренним датчиком температуры и нагревательными элементами; микроконтроллер управления приемопередатчиком, выполненный с возможностью активации перед периодом отправки данных и управления модулем приемопередатчика для передачи данных по беспроводному каналу на внешнее устройство; модуль приемопередатчика, выполненный с возможностью передачи данных по беспроводному каналу на внешнее устройство; источник питания; внутренний датчик температуры, выполненный с возможностью передачи данных о температуре окружающей среды внутри корпуса на главный микроконтроллер; нагревательные элементы, расположенные под микроконтроллером управления приемопередатчиком и модулем приемопередатчика; разъемы, предназначенные для подключения внешних датчиков; при этом главный микроконтроллер выполнен с возможностью сравнения данных, полученных от внутреннего датчика температуры, с заданным пороговым значением температуры окружающей среды внутри корпуса перед наступлением периода отправки данных и активации нагревательных элементов на основе результатов сравнения.

В одном из частных вариантов реализации устройства разъемы для подключения внешних датчиков представляют собой разъемы для подключения по меньшей мере одного из датчиков, выбираемых из группы: датчик температуры, датчик виброскорости или датчик давления.

В другом частном варианте реализации устройства микроконтроллер управления приемопередатчиком, модуль приемопередатчика и нагревательные элементы теплоизолированы от остальных компонентов печатной платы.

В другом частном варианте реализации устройства теплоизоляция представляет собой вырезы в печатной плате по контуру расположения микроконтроллера управления приемопередатчиком, модуля приемопередатчика и нагревательных элементов.

В другом частном варианте реализации устройства модуль приёмопередатчика выполнен с возможностью передачи данных по протоколу LoRaWAN.

В другом частном варианте реализации устройства пороговое значение температуры окружающей среды внутри корпуса представляет собой минимальное значение рабочей температуры микроконтроллера управления приемопередатчиком и модуля приёмопередатчика.

В другом частном варианте реализации устройства корпус устройства выполнен пылевлагозащищенным.

В другом частном варианте реализации устройства в печатную плату дополнительно введены искрозащитные цепи, расположенные между источником питания, разъемами для подключения внешних датчиков и главным микроконтроллером.

Также указанные технические результаты достигаются за счет осуществления способа беспроводной передачи данных в условиях сверхнизких температур, выполняемого с помощью устройства беспроводной передачи данных, и содержащего этапы, на которых:

- устанавливают временной период отправки данных на внешнее устройство;
- собирают данные от по меньшей мере одного внешнего датчика;
- активируют микроконтроллер управления приемопередатчиком, главный микроконтроллер и модуль приемопередатчика перед наступлением установленного временного периода отправки данных;
- получают данные о температуре окружающей среды внутри корпуса на главном микроконтроллере от внутреннего датчика температуры;
- сравнивают при помощи главного микроконтроллера полученные данные о температуре окружающей среды внутри корпуса с заданным пороговым значением температуры окружающей среды внутри корпуса;
- активируют нагревательные элементы, при помощи главного микроконтроллера, расположенные под микроконтроллером управления приемопередатчиком и модулем приемопередатчика, при снижении температуры окружающей среды внутри корпуса ниже заданного порогового значения температуры окружающей среды внутри корпуса;

осуществляют проверку достижения температуры окружающей среды внутри корпуса значению равному пороговому значению температуры окружающей среды внутри корпуса; и осуществляют передачу данных на внешнее устройство.

В частном варианте осуществления способа по меньшей мере один внешний датчик представляет собой по меньшей мере один из датчиков, выбираемых из группы: датчик температуры, датчик виброскорости или датчик давления.

В другом частном варианте осуществления способа передача данных на внешнее устройство осуществляется по протоколу LoRaWAN. В другом частном варианте осуществления способа пороговое

значение температуры окружающей среды внутри корпуса представляет собой минимальное значение рабочей температуры микроконтроллера управления приемопередатчиком и модуля приемопередатчика.

В другом частном варианте осуществления способа внешнее устройство выбирается из группы: персональный компьютер, сервер, смартфон, планшет, носимое умное устройство.

В другом частном варианте осуществления способа микроконтроллер управления приемопередатчиком и главный микроконтроллер содержат внутренние часы.

В другом частном варианте осуществления способа активация микроконтроллера управления приемопередатчиком и главного микроконтроллера происходит независимо друг от друга при помощи внутренних часов.

Краткое описание чертежей

Признаки и преимущества настоящего технического решения будут раскрыты далее из приводимого ниже подробного описания и прилагаемых чертежей.

На фиг. 1 показан пример реализации устройства беспроводной передачи данных, с подключенными внешними датчиками.

На фиг. 2 показана структурная схема устройства беспроводной передачи данных.

На фиг. 3 показана блок-схема выполнения заявленного способа беспроводной передачи данных.

Подробное описание

Ниже будут описаны термины и понятия, необходимые для реализации настоящего изобретения.

Датчик - собирательный термин, который может означать: измерительный преобразователь; первичный измерительный преобразователь; чувствительный элемент.

Измерительный преобразователь - техническое средство с нормируемыми метрологическими характеристиками, служащее для преобразования измеряемой величины в другую величину или измерительный сигнал, удобный для обработки, хранения, дальнейших преобразований, индикации или передачи.

Взрывозащищенное электрооборудование - электрооборудование, в котором предусмотрены конструктивные меры по устранению или затруднению возможности воспламенения (при эксплуатации) окружающей его взрывоопасной смеси.

На фиг. 1 показан пример реализации устройства беспроводной передачи данных 100, предназначенного для работы в условиях сверхнизких температур и взрывоопасных средах. Указанное устройство 100 выполнено во взрывозащитном корпусе, содержащем разъемы 103, предназначенные для подключения внешних датчиков, таких как, датчики температуры 101, датчики виброскорости 102, датчики давления (не показаны) и т.д. Более детальное описание конструктивных особенностей устройства 100 раскрывается на фиг. 2.

Взрывозащитный корпус может быть выполнен из низкоуглеродистой стали с полиэфирным покрытием, нержавеющей стали AISI 304, полиэфирного пластика, армированного стекловолокном с углеродным наполнителем, литого алюминия с порошковым покрытием и т.п. не ограничиваясь.

Также, корпус устройства может обладать пылевлагозащищенностью (степень защиты не ниже IP 65). Под степенью защиты понимается способ защиты, проверяемый стандартными методами испытаний, который обеспечивается оболочкой от доступа к опасным частям (опасным токоведущим и опасным механическим частям), попадания внешних твердых предметов и/или воды внутрь оболочки. Это достигается, например, за счет покрытия токоведущих элементов схемы лаком и/или покрытия составных частей корпуса устройства слоем резины, предотвращающим попадания внутрь влаги. Степень защиты IP 65 выбирается как минимальный класс герметизации корпуса устройства, обеспечивающий полную защиту от проникновения пыли и защиту от струй воды со всех направлений.

В качестве внешних датчиков, могут использоваться любые внешние средства измерения, например измерительные преобразователи, чувствительные элементы. Внешние датчики могут представлять собой, например, датчики температуры, датчики дифференциального давления, датчики избыточного/абсолютного давления, датчики загазованности, датчики окружающей среды, датчики виброскорости, тепловизоры, расходомеры, датчик Холла и т.п. Корпуса датчиков могут быть выполнены во взрывозащитном исполнении для обеспечения возможности их эксплуатации в агрессивной среде. Подключение внешних датчиков к устройству 100 осуществляется через разъемы 103.

В одном варианте осуществления устройство 100 содержит 4 разъема для подключения внешних датчиков, однако варианты осуществления не ограничиваются только этим примером и может быть использовано любое допустимое логикой микроконтроллера количество разъемов, например 1 разъем, 2 разъема, 3 разъема и т.д. Разъемы располагаются на корпусе устройства и соединены с главным микроконтроллером 203 (см. фиг. 2). В качестве разъемов 103 могут использоваться любые ответные разъемы, которые позволяют создать надежный электрический контакт и его герметичную защиту. Наиболее распространенными из промышленных разъемов, которые могут использоваться, являются M8, M12, M16 и M23 и т.д. Устройство 100 предназначено для беспроводной передачи данных, полученных от внешних датчиков в условиях сверхнизких температур. Упомянутое устройство 100 может быть установлено в отдаленных от населенных пунктов местах, например, в местах добычи нефти и газа, метеостанциях, нефтяных платформах, в шахтах, а также в местах с агрессивной окружающей средой (взрывоопасная

среда, сверхнизкие температуры) для осуществления мониторинга заданных параметров и автоматизированной отправки полученных параметров на внешнее устройство. Как правило, установка такого устройства производится вручную.

Для обеспечения длительного срока службы устройства 100, а также возможности его удаленного расположения, передача данных преимущественно осуществляется по сети LoRaWAN, однако для специалиста очевидно, что настоящее решение не ограничивается только одним стандартом передачи данных и может быть использовано любое средство беспроводной передачи данных, например GSM модем, GPRS модем, LTE модем, 5G модем, модуль спутниковой связи, NFC модуль, Bluetooth и/или BLE модуль, Wi-Fi модуль и др.

Кроме того, устройство 100 дополнительно может содержать средства спутниковой навигации, например GPS, ГЛОНАСС, BeiDou, Galileo.

Также, устройство 100 выполнено с возможностью настройки периодичности отправки собранных данных на внешнее устройство, например раз в 10 мин, раз в 1 ч, раз в 24 ч и т.д. в автоматизированном режиме. В периоды времени, когда отправка не осуществляется, все компоненты устройства 100 могут находиться в энергосберегающем или "спящем" режиме, или полностью отключаться. В качестве внешнего устройства может быть использован персональный компьютер, сервер, смартфон, планшет, носимое умное устройство, маршрутизатор, узел связи и т.д.

Устройство 100 дополнительно выполнено с возможностью поддержки таких протоколов, как Google Protobuf и т.п., обеспечивающих передачу структурированных данных с минимальным размером сообщения.

Основной особенностью устройства 100 является возможность его эксплуатации в агрессивной среде, такой как взрывоопасная среда и/или сверхнизкие температуры (ниже -40°C). Это достигается за счет конструктивных особенностей устройства 100, а именно за счет введения в схему устройства 100 главного микроконтроллера 203, нагревательных элементов 206 и внутреннего датчика температуры, описанных более подробно на фиг. 2, а также за счет выполнения корпуса устройства 100 во взрывозащитном исполнении и соединения элементов схемы, находящихся под напряжением, с главным микроконтроллером 203 через искрозащитные цепи 204 (фиг. 2).

Конструкция устройства 100, описанная на фиг. 2 позволяет решить проблему, заключающуюся в том, что существующие приемопередатчики LoRaWAN способны работать только в температурном диапазоне до -40°C . Как показывают практические испытания известных из уровня техники устройств для беспроводной передачи показаний внешних датчиков, при снижении температуры окружающей среды ниже -40°C , все известные из уровня техники микроконтроллеры и приемопередатчики физически не способны выполнять функции передачи, так как "замерзают". Поэтому в качестве порогового значения температуры окружающей среды, при котором указанные компоненты способны выполнять передачу данных, целесообразно выбирать минимальные значения рабочих температур микроконтроллеров управления приемопередатчиками и модулей приемопередатчика. Таким образом, для микроконтроллера управления приемопередатчиком и модуля приемопередатчика, известных из уровня техники, пороговое значение минимальной рабочей температуры окружающей среды составляет -40°C , однако специалисту очевидно, что при выборе компонентов передачи с другим минимальным значением рабочей температуры, пороговое значение также изменится на эту минимальную рабочую температуру.

Введение искрозащитных цепей 204, а также использование взрывозащитного корпуса устройства 100 позволяет отнести указанное устройство 100 к классу взрывозащиты IExiallCT4, что также, помимо непосредственной возможности использования устройства 100 во взрывоопасных средах, дает возможность использовать устройство беспроводной передачи данных 100 в местах, где требуется строгое соответствие используемых приборов ГОСТам.

На фиг. 2 показана структурная схема беспроводного устройства передачи данных 100. Устройство беспроводной передачи данных 100 содержит взрывозащитный корпус, содержащий печатную плату, на которой расположены: модуль приемопередатчика - 201, микроконтроллер управления приемопередатчиком - 202, главный микроконтроллер - 203, искрозащитные цепи - 204, внутренний датчик температуры - 205, нагревательные элементы - 206, разъемы для подключения внешних датчиков - 103, источник питания - 207.

Элементы заявленного устройства 100 беспроводной передачи данных фиксируются между собой и несущими элементами конструкции, с помощью широкого спектра сборочных операций, например свинчивания, сочленения, спайки, склепки и др., в зависимости от наиболее подходящего способа крепления элементов.

Главный микроконтроллер 203 соединен с микроконтроллером управления приемопередатчиком 202, внутренним датчиком температуры 205, нагревательными элементами 206, источником питания 207, разъемами для подключения внешних датчиков 103. В одном варианте осуществления микроконтроллер 203 соединен с источником питания 207 и разъемами для подключения внешних датчиков 103 через искрозащитные цепи 204. Разъемы для подключения внешних датчиков 103 могут быть выполнены в виде разъемов для подключения по меньшей мере одного из датчиков, выбираемых из группы: датчик температуры, датчик виброскорости или датчик давления.

Главный микроконтроллер 203 может являться процессором, микропроцессором, контроллером и т.д. не ограничиваясь, обеспечивающем работу в агрессивной среде (сверхнизкие температуры). Микроконтроллер 203 может содержать память и средства обработки сигнала для выполнения машиночитаемых инструкций, предписывающих выполнять этапы способа беспроводной передачи данных.

Могут применяться различные типы микроконтроллеров, приспособленных для работы в агрессивной среде (при температуре ниже -40°C), например, микроконтроллеры ATMEGA и т.д. Микроконтроллер 203 также содержит АЦП выполняющий преобразование сигналов, полученных с датчиков. Микроконтроллер 203 также выполнен с возможностью установки периода отправки данных, взаимодействия с внешними устройствами, получения данных с внутреннего датчика температуры 205, сравнения указанных данных с пороговым значением допустимой температуры окружающей среды внутри корпуса устройства 100 и активации нагревательных элементов 206 на основе результатов сравнения.

Источник питания 207 может являться морозостойким источником питания, таким как съёмная автономная батарея, внешний источник питания и т.д. Рабочая температура такого источника должна быть ниже -40°C , для обеспечения корректной работы устройства 100. Морозостойкие источники питания известны из уровня техники и широко используются в настоящее время.

Искрозащитные цепи 204 вводятся в схему устройства для ограничения предельной энергии, которая накапливается в процессе эксплуатации и ее рассеивания, опуская уровень ниже, чем наименьшая величина энергии, необходимая для воспламенения во взрывоопасной среде. Искрозащитные цепи 204 также предотвращают возникновение искры при механической коммутации цепи, находящейся под напряжением, например, при их расположении в наиболее критичных элементах цепи, таких как источник питания, главный микроконтроллер, разъемы для подключения внешних датчиков и т.п., что увеличивает безопасность и надежность эксплуатации всего устройства.

Микроконтроллер управления приемопередатчиком 202 соединен с модулем 201 и может являться, например, приемопередатчиком с технологией модуляции LoRa, обеспечивающим большую дальность передачи данных, работающего от батарейного питания, устойчивым к интерференционным помехам, например, приемопередатчиком SX127X от Semtech. Для специалиста в данной области техники очевидно, что микроконтроллер 202 и модуль 101 могут физически быть объединены и иметь только логическое разделение. Микроконтроллер 202, также содержит внутренние часы, например кварцевые часы, выполненные с возможностью отправки сигнала о пробуждении в заданный период отправки данных.

Период отправки данных устанавливается на микроконтроллер 203 и отправляется на микроконтроллер 202. Для обеспечения независимости пробуждения, микроконтроллер 203 также может быть оборудован внутренними часами, выполненными с возможностью подачи сигнала о пробуждении в требуемый период времени. Наличие у каждого микроконтроллера 202 и 203 собственных часов обеспечивает независимость пробуждения указанных контроллеров 202 и 203 друг относительно друга. Установка запланированной отправки данных на микроконтроллер 203, может осуществляться через интерфейс устройства, например, через интерфейс UART и т.д. Такая установка периода отправки данных может быть задана непосредственно в момент установки устройства в зоне мониторинга. Также, период отправки данных может быть задан удаленно через внешнее устройство с помощью приложения, посредством веб-браузера и т.д.

В режиме автоматизированной запланированной отправки данных энергопотребление компонентов устройства 100 снижается до минимума за счет перехода в энергосберегающий или "спящий" режим или полного отключения указанных компонентов.

Внутренний датчик температуры 205 располагается на печатной плате устройства 100. Датчик 205 выполнен с возможностью отправки данных о температуре окружающей среды внутри корпуса устройства 100 на главный микроконтроллер 203. Рабочий температурный диапазон такого датчика также должен обеспечивать его работу в условиях сверхнизких температур (ниже -40°C). Как было описано ранее, датчики, имеющие рабочую температуру в таких диапазонах широко известны из уровня техники.

В качестве нагревательных элементов 206 могут быть использованы резисторы, транзисторы и иные электронные компоненты, которые обеспечивают тепловыделение при протекании тока. Кроме того, нагревательные элементы 206 выбираются таким образом, чтобы обеспечивать запас по мощности при нагреве протекающим через них током, а конструкция корпуса обеспечивает максимально низкое термическое сопротивление в части контакта корпуса с печатной платой. Количество нагревательных элементов 206, размещаемых на плате, зависит от количества приемопередающих элементов.

Далее перейдем к рассмотрению нескольких сценариев работы устройства 100. Сценарий 1 работы устройства 100 начинается с наступления запланированного периода отправки данных. Микроконтроллер 202 получает сигнал от внутренних часов на пробуждение и микроконтроллер 202 выходит из спящего режима (активируется). Далее микроконтроллер 203 также получает сигнал о пробуждении с собственных внутренних часов. Стоит отметить, что сигнал о пробуждении с внутренних часов каждого из микроконтроллеров 202 и 203 поступает раньше требуемого времени отправки, например за 1 секунду. Это сделано для того, чтобы все компоненты устройства 100 успели выйти из энергосберегающего режима и обменяться друг с другом данными. После пробуждения микроконтроллер 203 опрашивает внутренний датчик температуры 205 и сравнивает полученные с указанного датчика 205 данные о температу-

ре окружающей среды внутри корпуса ($T^{\circ}_{уст-ва}$) с пороговым значением температуры окружающей среды внутри корпуса ($T^{\circ}_{порог}$).

При температуре $T^{\circ}_{уст-ва}$ больше $T^{\circ}_{порог}$ микроконтроллер 203 обменивается данными для передачи с микроконтроллером 202, и микроконтроллер 202 совершает отправку данных при помощи модуля 201 на внешнее устройство. В одном варианте осуществления перед обменом данными между микроконтроллерами 203 и 202, микроконтроллер 203 подает сигнал проверки работоспособности на микроконтроллер 202. После успешной отправки данных устройство 100 погружается в энергосберегающий режим до наступления следующего периода отправки данных.

Стоит отметить, что микроконтроллер 203 выполнен с возможностью получения данных с внешних датчиков в спящем режиме любым из известных способов, например, посредством записи данных в кэш памяти, либо в специализированную область памяти, предназначенную для хранения данных. После пробуждения, микроконтроллер 203 осуществляет обработку полученных данных и их дальнейшую отправку на микроконтроллер 202 для передачи.

Теперь рассмотрим второй сценарий работы устройства 100. При наступлении запланированного периода отправки данных микроконтроллер 202 получает сигнал от внутренних часов на пробуждение. Однако, при $T^{\circ}_{уст-ва}$ ниже $T^{\circ}_{порог}$, микроконтроллер 202 и модуль 201 не активируются, так как, как было описано выше, в качестве $T^{\circ}_{порог}$ выбирается минимальное рабочее значение температуры микроконтроллера 202 и модуля 201. При этом микроконтроллер 203 также получает сигнал о пробуждении с собственных внутренних часов и, так как он специфицирован для работы в таких температурах (как упоминалось выше), пробуждается. Микроконтроллер 203 опрашивает датчик 205 и сравнивает полученные с указанного датчика 205 данные о температуре окружающей среды внутри корпуса ($T^{\circ}_{уст-ва}$) с пороговым значением температуры окружающей среды внутри корпуса ($T^{\circ}_{порог}$). Так как $T^{\circ}_{уст-ва}$ ниже $T^{\circ}_{порог}$, то микроконтроллер 203 активирует нагревательные элементы 206, которые располагаются на плате устройства 100 под критичными к температурному значению работы элементами, а именно под микроконтроллером 202 и модулем 201.

Для уменьшения тепловых потерь, обусловленных распространением тепла на всю печатную плату, нагревательные элементы 206, а также микроконтроллер 202 и модуль 201 могут быть изолированы тепловыми барьерами от остальных элементов печатной платы. В качестве тепловых барьеров могут быть использованы вырезы в печатной плате по контуру микроконтроллера 202 и модуля 201.

Возвращаясь к сценарию 2, активация нагревательных элементов 206 позволяет быстро повысить $T^{\circ}_{уст-ва}$ до значения $T^{\circ}_{порог}$. При достижении значения $T^{\circ}_{порог}$, равного минимальной рабочей температуре компонентов 202 и 201, указанные компоненты 202 и 201 "отогреваются" и активируются. Кроме того, при достижении $T^{\circ}_{уст-ва}$ значению равному $T^{\circ}_{порог}$, микроконтроллер 203 подает сигнал проверки на микроконтроллер 202. Сигнал проверки служит для подтверждения работоспособности микроконтроллера 202. Микроконтроллер 202 выполнен с возможностью ответа на указанный сигнал проверки. Сигнал проверки может представлять собой любой двусторонний обмен информацией между указанными микроконтроллерами 202 и 203.

Микроконтроллер 203 управляет активацией/деактивацией нагревательных элементов 206 на основе мониторинга температуры окружающей среды внутри корпуса устройства ($T^{\circ}_{уст-ва}$). После принятия решения об активации нагревательных элементов 206, микроконтроллер 203 в реальном времени получает данные с датчика 205 о $T^{\circ}_{уст-ва}$. Нагревательные элементы 206 остаются активными до поднятия $T^{\circ}_{уст-ва}$ выше $T^{\circ}_{порог}$ на значение $T^{\circ}_{гист.}$, где $T^{\circ}_{гист.}$ - гистерезис температуры компонентов 202 и 201. Под гистерезисом температуры понимается свойство физических систем, при котором влияние перехода осуществляется с некоторой задержкой. В некоторых вариантах осуществления $T^{\circ}_{гист.}$ может быть равен 3-4°C. Значение $T^{\circ}_{гист.}$ заранее задается с помощью программных средств на микроконтроллере 203. После достижения $T^{\circ}_{уст-ва}$ значения, равного $T^{\circ}_{порог} + T^{\circ}_{гист.}$, микроконтроллер 203 отправляет проверочный сигнал на микроконтроллер 202, поддерживая при этом достигнутую температуру. Получив ответ от микроконтроллера 202, микроконтроллер 203 поддерживает $T^{\circ}_{уст-ва}$ на значении не меньше $T^{\circ}_{порог} + T^{\circ}_{гист.}$ на протяжении всего цикла передачи данных. После получения сигнала об успешной передаче данных от микроконтроллера 202, микроконтроллер 203 деактивирует нагревательные элементы 206.

В еще одном варианте осуществления активация нагревательных элементов 206 зависит от того, насколько $T^{\circ}_{уст-ва}$ ниже $T^{\circ}_{порог}$. В этом варианте осуществления после опроса микроконтроллером 203 датчика 205, указанный микроконтроллер 203, на основе сравнения полученной $T^{\circ}_{уст-ва}$ с $T^{\circ}_{порог}$ вычисляет время, за которое нагревательные элементы 206 способны нагреть микроконтроллер 202 и модуль 201 до их минимального значения рабочей температуры, которое равно $T^{\circ}_{порог} + T^{\circ}_{гист.}$. В зависимости от требуемого времени нагрева, микроконтроллер 203 активирует нагревательные элементы 206. В этом варианте осуществления, несмотря на то, что пробуждение микроконтроллера 203 происходит также раньше заданного времени отправки данных, например за 1 секунду до отправки, активация нагревательных элементов 206 происходит согласно вычисленному времени нагрева. В этом случае поддержание рабочей температуры компонентов 202 и 201 не требуется, так как микроконтроллер 202 и 201 "отогреваются" строго к заданному периоду отправки данных. Кроме того, при небольшой разнице между $T^{\circ}_{уст-ва}$ и $T^{\circ}_{порог}$ требуется гораздо меньше времени на нагрев передающих элементов 202 и 201 до минимального значе-

ния их рабочей температуры, что экономит энергию, потребляемую нагревательными элементами 20б, и дополнительно увеличивает длительность времени работы устройства 100 от съемного источника питания.

После проверки работоспособности микроконтроллера 202, микроконтроллер 203 обменивается с микроконтроллером 202 данными, которые необходимо передать и происходит их отправка при помощи модуля 201 на внешнее устройство. Специалисту в этой области техники будет очевидно, что проверка работоспособности микроконтроллера 202 может проходить одновременно с обменом данными между указанными микроконтроллерами 202 и 203. После отправки данных микроконтроллер 202 подает сигнал об успешной отправке данных, и устройство 100 переходит в энергосберегающий/спящий режим до следующего наступления периода отправки данных. На этом сценарий 2 завершается. При наступлении времени повторной отправки данных (периода отправки данных) на основе температуры окружающей среды внутри корпуса устройства выбирается один из описанных выше сценариев передачи данных.

На фиг. 3 представлены этапы способа беспроводной передачи данных в условиях сверхнизких температур. Указанный способ беспроводной передачи данных выполняется с помощью устройства беспроводной передачи данных, которое было описано выше. На этапе 301 осуществляется установка периода отправки данных, полученных с внешних датчиков. Период отправки данных может устанавливаться на микроконтроллере 203 посредством интерфейса устройства 100 с помощью ручной установки указанного устройства 100 в момент его расположения в заданной географической точке и/или удаленно, посредством взаимодействия с внешним устройством через приложение и/или веб-браузер. Интерфейс устройства 100 может представлять собой, например, интерфейс UART. После установки периода отправки данных устройство 100 работает в энергосберегающем/спящем режиме. Такой режим в значительной степени экономит заряд съемного источника питания и продлевает время работы.

На этапе 302 осуществляется сбор данных от внешних датчиков. Сбор данных осуществляется микроконтроллером 203 посредством опроса внешних датчиков или в автоматизированном режиме. Сбор данных также включает их преобразование при помощи АЦП на микроконтроллере 203 и дальнейшую обработку в пригодный для передачи формат. При сборе данных в автоматизированном режиме, как было описано выше, микроконтроллер 203 может находиться в энергосберегающем/спящем режиме, а обработка собранных данных осуществляется в момент активации микроконтроллера 203. При сборе данных посредством опроса внешних датчиков сбор и обработка данных с датчиков происходит после выхода микроконтроллера 203 из энергосберегающего режима, непосредственно перед наступлением периода отправки данных.

На этапе 303 осуществляется активация управляющих компонентов устройства 100. Перед наступлением периода отправки данных происходит активация микроконтроллера управления приемопередатчиком 202, главного микроконтроллера 203 и модуля приемопередатчика 201. За предопределенное время до наступления периода отправки данных, например за 1 секунду до наступления, внутренние часы микроконтроллера 203 посылают сигнал на указанный микроконтроллер 203 о выходе из энергосберегающего режима (сигнал о пробуждении), аналогичный сигнал посылают и внутренние часы микроконтроллера 202. Микроконтроллеры 202 и 203 активируются независимо друг от друга. Микроконтроллер 202 после пробуждения посылает сигнал о пробуждении модулю 201.

На этапе 304 получают данные о температуре окружающей среды внутри корпуса ($T_{\text{уст-ва}}^{\circ}$). После пробуждения, главный микроконтроллер 203 опрашивает внутренний датчик температуры 205 и получает значение $T_{\text{уст-ва}}^{\circ}$ в настоящий момент времени. Опрос датчика 205 также происходит до наступления периода отправки данных.

На этапе 305 осуществляют сравнение полученной температуры окружающей среды внутри корпуса ($T_{\text{уст-ва}}^{\circ}$) с заданным пороговым значением температуры окружающей среды внутри корпуса ($T_{\text{порог}}^{\circ}$). Сравнение осуществляется микроконтроллером 203. В качестве порогового значения температуры окружающей среды выбирается минимальная рабочая температура микроконтроллера 202 и модуля 201. В одном варианте осуществления значение минимальной рабочей температуры микроконтроллера 202 и модуля 201 находится в диапазоне от -37 до -40°C . Такое значение температуры обуславливается тем, что элементная база указанных передающих элементов 202 и 201 не специфицирована для работы в более низких температурах и, при опускании температуры внутри корпуса устройства ниже указанного диапазона, она замерзает и перестает работать.

Если $T_{\text{уст-ва}}^{\circ}$ выше $T_{\text{порог}}^{\circ}$, то способ переходит на этап 307.

На этапе 307 происходит проверка работоспособности микроконтроллера 202. Указанная проверка происходит при помощи микроконтроллера 203. В качестве сигнала проверки работоспособности, например, может быть запрос отправки пакета данных, который сгенерирован микроконтроллером 203, на микроконтроллер 202. В качестве ответа от микроконтроллера 202 может быть подтверждение принятия указанного запроса. После получения ответа способ переходит на этап 308.

На этапе 308 микроконтроллер 203 обменивается данными с микроконтроллером 202 и указанный микроконтроллер 202 совершает запланированную отправку данных на внешнее устройство при помощи модуля 201. В одном варианте осуществления этап 307 и этап 308 могут быть объединены. Внешнее устройство выбирается из группы: персональный компьютер, сервер, смартфон, планшет, носимое умное

устройство и т.д.

Если $T_{\text{уст-ва}}^{\circ}$ ниже $T_{\text{порог}}^{\circ}$, то способ переходит на этап 306.

На этапе 306 микроконтроллер 203 на основе результатов сравнения, полученных на этапе 305, активирует нагревательные элементы 206, которые располагаются на плате устройства 100 под критичными к температурному значению работы элементами, а именно под микроконтроллером 202 и модулем 201. Микроконтроллер 203 в реальном времени получает данные с датчика 205 о $T_{\text{уст-ва}}^{\circ}$. Нагревательные элементы 206 остаются активными до поднятия $T_{\text{уст-ва}}^{\circ}$ выше $T_{\text{порог}}^{\circ}$ на значение $T_{\text{гист}}^{\circ}$, где $T_{\text{гист}}^{\circ}$ - гистерезис температуры компонентов 202 и 201. Значение $T_{\text{гист}}^{\circ}$ задается программно на микроконтроллере 203 по аналогии с периодом отправки данных. После достижения $T_{\text{уст-ва}}^{\circ}$ значения, равного $T_{\text{порог}}^{\circ} + T_{\text{гист}}^{\circ}$, микроконтроллер 203 поддерживает достигнутую температуру на протяжении всего цикла передачи данных.

В еще одном варианте осуществления активация нагревательных элементов 206 зависит от того, насколько $T_{\text{уст-ва}}^{\circ}$ ниже $T_{\text{порог}}^{\circ}$. В этом варианте осуществления после опроса микроконтроллером 203 датчика 205, указанный микроконтроллер 203, на основе сравнения полученной $T_{\text{уст-ва}}^{\circ}$ с $T_{\text{порог}}^{\circ}$ вычисляет время, за которое нагревательные элементы 206 способны нагреть микроконтроллер 202 и модуль 201 до их минимального значения рабочей температуры.

При достижении $T_{\text{уст-ва}}^{\circ}$ значения, равного $T_{\text{порог}}^{\circ} + T_{\text{гист}}^{\circ}$, способ переходит на этап 307. На этапе 307, как было описано выше, происходит проверка работоспособности микроконтроллера 202.

После успешной проверки микроконтроллера 202 происходит запланированная отправка данных на внешнее устройство согласно этапу 308, который также был описан выше. При завершении запланированной отправки и подачи сигнала об успешной отправке данных от микроконтроллера 202 на микроконтроллер 203, указанный микроконтроллер деактивирует нагревательные элементы 206.

По завершению всех этапов способа беспроводной передачи данных устройство 100 погружается в энергосберегающий режим до наступления следующего периода отправки данных.

Таким образом, в представленных материалах заявки описаны устройство и способ беспроводной передачи данных в условиях сверхнизких температур.

Модификации и улучшения вышеописанных вариантов осуществления настоящего технического решения будут ясны специалистам в данной области техники. Предшествующее описание представлено только в качестве примера и не несет никаких ограничений для целей осуществления иных частных вариантов воплощения заявленного технического решения, не выходящего за рамки испрашиваемого объема правовой охраны. Конструктивные элементы, такие как микроконтроллеры, блоки, модули и т.д., описанные выше и используемые в данном техническом решении, могут быть реализованы с помощью электронных компонентов, используемых для создания цифровых интегральных схем.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Устройство беспроводной передачи данных в условиях сверхнизких температур, содержащее взрывозащитный корпус, внутри которого установлена печатная плата, на которой расположены главный микроконтроллер, выполненный с возможностью обработки данных, полученных от внешних датчиков, и установки периода отправки полученных данных, при этом главный микроконтроллер выполнен с возможностью взаимодействия с микроконтроллером управления приемопередатчиком, внутренним датчиком температуры и нагревательными элементами;

микроконтроллер управления приемопередатчиком, выполненный с возможностью активации перед периодом отправки данных и управления модулем приемопередатчика для передачи данных по беспроводному каналу на внешнее устройство;

модуль приемопередатчика, выполненный с возможностью передачи данных по беспроводному каналу на внешнее устройство;

источник питания;

внутренний датчик температуры, выполненный с возможностью передачи данных о температуре окружающей среды внутри корпуса на главный микроконтроллер;

нагревательные элементы, расположенные под микроконтроллером управления приемопередатчиком и модулем приемопередатчика;

разъемы, предназначенные для подключения внешних датчиков;

при этом главный микроконтроллер выполнен с возможностью сравнения данных, полученных от внутреннего датчика температуры, с заданным пороговым значением температуры окружающей среды внутри корпуса перед наступлением периода отправки данных и активации нагревательных элементов на основе результатов сравнения.

2. Устройство по п.1, характеризующееся тем, что разъемы для подключения внешних датчиков представляют собой разъемы для подключения по меньшей мере одного из датчиков, выбираемых из группы: датчик температуры, датчик виброскорости или датчик давления.

3. Устройство по п.1, характеризующееся тем, что микроконтроллер управления приемопередатчиком, модуль приемопередатчика и нагревательные элементы теплоизолированы от остальных компонен-

тов печатной платы.

4. Устройство по п.3, характеризующееся тем, что теплоизоляция представляет собой вырезы в печатной плате по контуру расположения микроконтроллера управления приемопередатчиком, модуля приемопередатчика и нагревательных элементов.

5. Устройство по п.1, характеризующееся тем, что модуль приемопередатчика выполнен с возможностью передачи данных по протоколу LoRaWAN.

6. Устройство по п.1, характеризующееся тем, что пороговое значение температуры окружающей среды внутри корпуса представляет собой минимальное значение рабочей температуры микроконтроллера управления приемопередатчиком и модуля приемопередатчика.

7. Устройство по п.1, характеризующееся тем, что корпус устройства выполнен пылевлагозащищенным.

8. Устройство по п.1, характеризующееся тем, что в печатную плату дополнительно введены искрозащитные цепи, расположенные между источником питания, разъемами для подключения внешних датчиков и главным микроконтроллером.

9. Способ беспроводной передачи данных в условиях сверхнизких температур, выполняемый с помощью устройства беспроводной передачи данных по любому из пп.1-8 и содержащий этапы, на которых

устанавливают временной период отправки данных на внешнее устройство;

собирают данные от по меньшей мере одного внешнего датчика;

активируют микроконтроллер управления приемопередатчиком, главный микроконтроллер и модуль приемопередатчика перед наступлением установленного временного периода отправки данных;

получают данные о температуре окружающей среды внутри корпуса на главном микроконтроллере от внутреннего датчика температуры;

сравнивают при помощи главного микроконтроллера полученные данные о температуре окружающей среды внутри корпуса с заданным пороговым значением температуры окружающей среды внутри корпуса;

активируют нагревательные элементы, при помощи главного микроконтроллера, расположенные под микроконтроллером управления приемопередатчиком и модулем приемопередатчика, при снижении температуры окружающей среды внутри корпуса ниже заданного порогового значения температуры окружающей среды внутри корпуса;

осуществляют проверку достижения температуры окружающей среды внутри корпуса значению, равному пороговому значению температуры окружающей среды внутри корпуса; и

осуществляют передачу данных на внешнее устройство.

10. Способ по п.9, характеризующийся тем, что по меньшей мере один внешний датчик представляет собой по меньшей мере один из датчиков, выбираемых из группы: датчик температуры, датчик виброскорости или датчик давления.

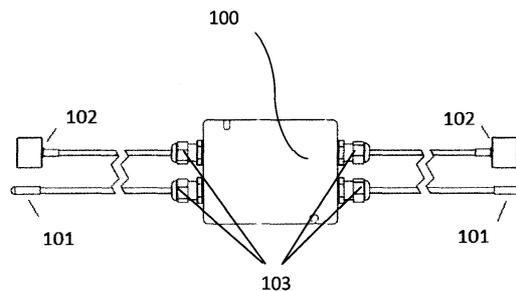
11. Способ по п.9, характеризующийся тем, что передача данных на внешнее устройство осуществляется по протоколу LoRaWAN.

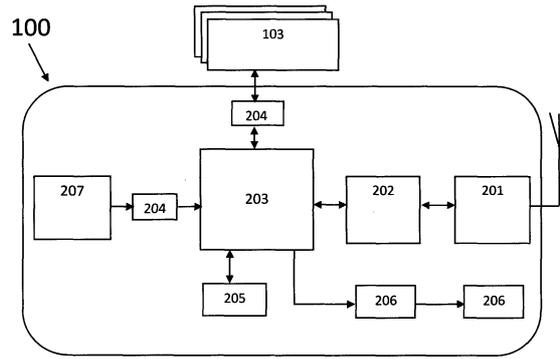
12. Способ по п.9, характеризующийся тем, что пороговое значение температуры окружающей среды внутри корпуса представляет собой минимальное значение рабочей температуры микроконтроллера управления приемопередатчиком и модуля приемопередатчика.

13. Способ по п.10, характеризующийся тем, что внешнее устройство выбирается из группы: персональный компьютер, сервер, смартфон, планшет, носимое умное устройство.

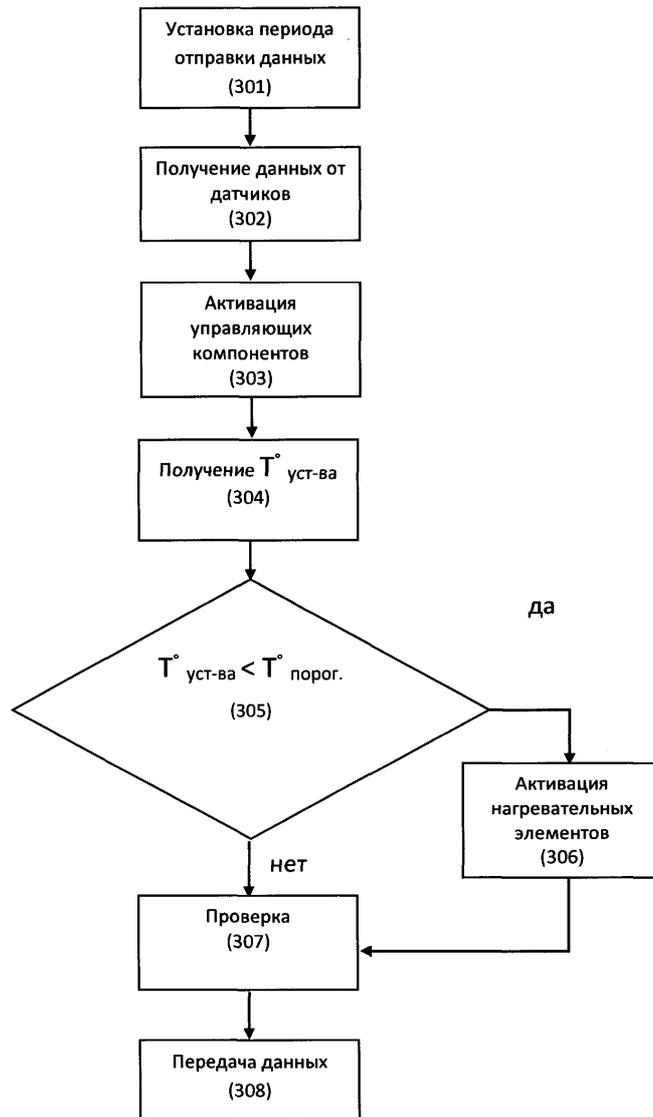
14. Способ по п.9, характеризующийся тем, что микроконтроллер управления приемопередатчиком и главный микроконтроллер содержат внутренние часы.

15. Способ по п.14, характеризующийся тем, что активация микроконтроллера управления приемопередатчиком и главного микроконтроллера происходит независимо друг от друга при помощи внутренних часов.





Фиг. 2



Фиг. 3

