

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **043333**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2023.05.15**

(21) Номер заявки  
**202091163**

(22) Дата подачи заявки  
**2017.12.19**

(51) Int. Cl. **B60M 1/12** (2006.01)  
**G01K 11/24** (2006.01)  
**G01L 1/16** (2006.01)  
**H01L 41/107** (2006.01)

---

(54) **СПОСОБ И СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ КОНТАКТНОГО ПРОВОДА ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА**

---

(43) **2020.09.10**

(86) **PCT/RU2017/000949**

(87) **WO 2019/125197 2019.06.27**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ  
ЦЕНТР "РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ  
УСТРОЙСТВ И СИСТЕМ"  
С ОГРАНИЧЕННОЙ  
ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ (RU)**

(56) RU-C1-2444449  
RU-C2-2433564  
RU-C1-2410655  
SU-A1-1431974  
JP-A-2014031158

(72) Изобретатель:  
**Сорокин Александр Васильевич,  
Кислицын Василий Олегович,  
Калинин Владимир Анатольевич (RU)**

(74) Представитель:  
**Котлов Д.В. (RU)**

---

(57) Изобретение относится к линиям электроснабжения, контактирующим с токоприемниками транспортных средств. Способ автоматического контроля контактного провода электротранспорта заключается в том, что формируют и отправляют опросный сигнал, по полученным данным с датчиков силы и температуры устройства для считывания информации о температуре и силе натяжения контактного провода обрабатывают полученную информацию и передают её оператору. Причем дополнительно генерируют опросный ультразвуковой сигнал, посылаемый ультразвуковым излучателем к подвесному блоку компенсаторов, который возвращается к ультразвуковому приемнику. Технический результат заключается в предотвращении аварийных ситуаций на контактной сети.

---

**B1**

**043333**

**043333**

**B1**

### **Область техники, к которой относится изобретение**

Изобретение относится к области радиотехники и дистанционного контроля контактных соединений токоведущих частей и может быть использовано для дистанционного контроля железнодорожной инфраструктуры при контроле компенсирующих устройств и обеспечения удаленного мониторинга обрывов, провисания и ускоренного износа контактного провода "КП" и токоприемников.

### **Уровень техники**

Высокоскоростное движение поездов ставит жесткие требования к объектам и устройствам инфраструктуры железнодорожного транспорта, в частности к контактной сети, от механической прочности, геометрических параметров и технического состояния элементов которой зависит безопасность и бесперебойность движения поездов.

Широко распространенный на сегодняшний день подход по обслуживанию и ремонту контактной сети железнодорожных путей заключается в выявлении состояния элементов контактной сети путем периодических осмотров и непосредственных измерений. Измерения, выполняемые вручную, и периодические осмотры контактной сети являются экономически не эффективны, недостаточно оперативны, а зачастую требуют перепроверки.

Из уровня техники известна система контроля параметров контактной сети железной дороги (см. [1] патент РФ на полезную модель № 68977, МПК В60М1/12, опубл. 10.12.2007), содержащая датчик высоты подвеса контактного провода, датчик положения контактного провода в плане, датчик температуры окружающего воздуха, источник питания, блок сбора и передачи сигналов, пульт управления, устройство для определения положения контактного провода в плане с размещенными в нем датчиками положения контактного провода, датчиками наличия помех процессу токосъема и блоком сбора и передачи информации, блок ввода речевых комментариев, выход которого соединен с одним из входов блока обработки сигналов, а выход датчика высоты подвеса контактного провода соединен с одним из входов блока сбора и передачи информации устройства для определения положения контактного провода в плане, а источник питания системы контроля выполнен со встроенным оптическим каналом и содержит преобразователь переменного напряжения в постоянное, преобразователь постоянного напряжения бортовой сети автотрисы в переменное напряжение высокой частоты, трансформатор с магнитопроводом, выполненным из набора тороидальных сердечников и двух витков высоковольтного провода, выводы одного витка высоковольтного провода, являющегося первичной обмоткой трансформатора, соединены с входами преобразователя постоянного напряжения бортовой сети автотрисы в переменное напряжение высокой частоты, а выводы второго витка высоковольтного провода, являющегося вторичной обмоткой трансформатора, связаны с входами преобразователя переменного напряжения высокой частоты в постоянное, выход которого соединен оптической цепью обратной связи с входом преобразователя постоянного напряжения бортовой сети автотрисы в переменное напряжение высокой частоты, а выход преобразователя переменного напряжения высокой частоты в постоянное соединен с входом устройства для определения положения контактного провода.

К недостаткам системы следует отнести наличие источников питания чувствительных элементов, отсутствие устойчивости к внешним климатическим воздействиям компонент системы. Надежность системы здесь зависит от трансформатора, устройство которого уязвимо для повреждений в тяжелых климатических условиях эксплуатации.

Известно устройство для замера и регистрации износа контактного провода (см. [2] патент РФ № 2120866, МПК В60М1/12, В60М1/13, В60Л3/12, опубл. 27.10.1998), содержащее линейный источник света длиной, превышающей максимально возможное расстояние между крайними положениями зигзага контактного провода и отражатель, размещенные на крыше вагона-лаборатории, при этом источник света через контактный провод оптически связан с оптоэлектронной головкой, содержащей объектив и интегральную многоэлементную фотоприемную линейку. Выход оптоэлектронной головки связан с входом электронного блока первичной обработки информации, выход которого связан с компьютером. Устройство измеряет износ, высоту подвеса и зигзага контактного провода и позволяет повысить точность, быстроедействие, упростить конструкцию и повысить надежность в эксплуатации и настройке.

К недостаткам системы следует отнести наличие высокой вероятности получения недостоверной информации путем получения данных от камер в условиях плохой видимости и тяжелых климатических условий эксплуатации. Также недостатками известных систем контроля состояния контактной сети с помощью вагонов-лабораторий является то, что эти измерения носят периодический характер, при этом не обеспечивается возможность наблюдения за напряженно-деформированным состоянием элементов контактной сети.

Для обнаружения на ранней стадии изменений состояния контактной сети необходим постоянный непрерывный контроль ее элементов. Современная система текущего содержания контактной сети требует использования измерительных систем, которые делают возможным автоматический контроль состояния элементов контактной сети без больших затрат времени и с минимальным привлечением персонала.

Известно устройство для контроля износа и зигзага контактного провода электрической сети железнодорожного транспорта (см. [3] патент РФ № 2155678, МПК В60М1/12, В61К9/08, опубл.

10.09.2000) содержащее датчик, фотоприемник, связанный с датчиком гибким кабелем из оптоволокна, блок памяти, регистратор. Датчик содержит высокочастотный генератор, измеритель на основе катушек индуктивности, блок обработки сигналов измерителя, аналого-цифровой преобразователь и светодиод.

К недостаткам устройства следует отнести наличие соединения датчика и фотоприемника оптоволоконным кабелем. Наличие высокочастотного генератора у датчика говорит о необходимости использования источников питания. Использование оптоволокна для передачи информации с датчика на фотоприемник значительно увеличивает трудоемкость использования такого устройства в железнодорожном транспорте.

Известна система мониторинга объектов железнодорожной инфраструктуры (см. [4] патент РФ № 2584756, МПК В61К9/08, опубл. 20.05.2016), содержащая по меньшей мере одну станцию сбора и первичной обработки данных и связанные с ней и между собой посредством радиосвязи измерительные модули, размещенные в критических местах контролируемых объектов железнодорожной инфраструктуры, центральный блок сбора данных, связанный со станцией сбора и первичной обработки данных, при этом каждый измерительный модуль включает автономный источник питания, сенсорные датчики, приемопередатчик и микроконтроллер, каждая станция сбора и первичной обработки данных включает автономный источник питания, контроллер и приемопередатчик, соединенный посредством радиоканала с приемопередатчиками измерительных модулей, а центральный блок сбора данных включает вычислительный блок, базу данных, блок управления и приемопередатчик, соединенный посредством радиоканала с приемопередатчиками станций сбора и первичной обработки данных, при этом измерительные модули в одном из вариантов исполнения выполнены с возможностью осуществления измерения натяжения контактной сети, причем каждый такой модуль выполнен с возможностью его установки в подвижном ролике компенсаторной подвески контактного или несущего провода, закрепленного на контролируемой опоре, и дополнительно включает датчик измерения углов поворота подвижного ролика и датчик температуры окружающей среды.

К недостаткам известного решения можно отнести необходимость применения источников питания, большую трудоемкость при установке и настройке в условиях железнодорожного транспорта, отсутствие контроля температуры контактного провода.

Известна система диагностики и удаленного мониторинга (СДУМ) контактной сети железной дороги (см. [5] патент РФ № 2631891, МПК В60М1/12, опубл. 28.09.2017), включающая закрепленные на анкерных опорах, контактные провода, троса и грузокомпенсирующие устройства, содержащая расположенные вдоль контактной сети по всей ее длине измерительные устройства, соединенные со стационарно размещенными вдоль контактной сети блоками сбора и передачи информации, которые соединены посредством проводной и/или беспроводной связи с размещаемым на узловой станции промежуточным концентратором информации СДУМ, соединенным посредством проводной и/или беспроводной связи с единым концентратором информации о состоянии элементов контактной сети железной дороги, при этом измерительные устройства выполнены в виде датчиков измерения усилия натяжения тросов и проводов контактной сети, расположенных на участках несущего троса и контактного провода непосредственно за роликами блоков грузокомпенсирующих устройств и/или над гиряндами грузов грузокомпенсирующих устройств и/или на тросах средней анкеровки, при этом каждое измерительное устройство соединено посредством проводной связи с близлежащим блоком сбора и передачи информации, каждый из которых содержит автономный источник питания, микропроцессорное устройство для первичной аналого-цифровой обработки информации с датчика измерения усилия натяжения тросов и проводов контактной сети, и устройство радиосвязи между блоком и промежуточным концентратором информации СДУМ.

Недостатками системы является наличие источников питания, отсутствие температурного контроля контактного провода, высокую трудоемкость при установке.

Наиболее близким аналогом является способ и система диагностики и удаленного мониторинга контактной сети железной дороги (см. [6] патент РФ № 2444449, МПК В60М1/12, опубл. 10.03.2012) сбор информации о состоянии элементов контактной сети, передачу собранной информации и последующую оценку технического состояния элементов контактной сети, причем сбор и передачу информации о состоянии элементов контактной сети осуществляют посредством блоков сбора и передачи информации СДУМ, стационарно размещаемых вдоль контактной сети по всей ее длине, при этом посредством расположенных в блоках датчиков непрерывно регистрируют акустические и вибрационные характеристики, характеристики изменения магнитного поля, температуру элементов контактной сети, измеренные значения передают по каналу радиосвязи в размещаемые на узловых станциях по всей длине контактной сети промежуточные концентраторы информации, которые обеспечивают сбор и анализ информации от датчиков блоков с последующей передачей данных в единый концентратор информации о состоянии элементов контактной сети железной дороги. Система диагностики и удаленного мониторинга контактной сети железной дороги включает размещенные на анкерных опорах контактной сети консоли, несущий трос, струны, контактный провод, грузокомпенсирующие устройства несущего троса и контактного провода и содержит датчики параметров технического состояния элементов контактной сети, причем на участках несущего троса и контактного провода, расположенных непосредственно за роликами блоков грузокомпенсирующих устройств и/или над гиряндами грузов грузокомпенсирующих уст-

ройств, которые размещены на анкерных опорах контактной сети, по всей длине контактной сети стационарно закреплены блоки сбора и передачи информации, при этом каждый блок сбора и передачи информации содержит комплект датчиков параметров технического состояния элементов контактной сети, включающий датчики виброакустики и вибродиагностики элементов контактной сети, датчик магнитного поля и датчик температуры, а также автономный источник питания, микропроцессорное устройство для первичной аналого-цифровой обработки информации с датчиков блока, устройство радиосвязи между блоком и размещаемым на узловой станции промежуточным концентратором информации СДУМ, который соединен посредством проводной и/или беспроводной связи с единым концентратором информации о состоянии элементов контактной сети железной дороги.

К недостаткам способа и системы следует отнести наличие источников питания, требующих обслуживания (замены), ограничение по стойкости к внешним воздействующим факторам (отрицательные температуры эксплуатации), сложность блока сбора и передачи информации и его высокая стоимость, высокая трудоемкость применения в условиях железнодорожного транспорта, отсутствие контроля натяжения контактного провода. При этом известное техническое решение не позволяет оперативно оценить усилие натяжения проводов и тросов контактной сети.

### **Сущность изобретения**

Задачей изобретения является обеспечение оперативного, автономного, беспроводного контроля контактного провода контактной сети железнодорожного транспорта для предотвращения и своевременного предупреждения обрывов, провисания и ускоренного износа контактного провода "КП" и контактных соединений в широком диапазоне воздействующих факторов. Поставленная задача решается посредством опроса считывающим устройством датчиков температуры и силы натяжения контактного провода по радиоканалу. Информация от пассивных датчиков позволяет оперативно осуществить анализ динамики изменения состояния контактного провода. Полученная информация передается в мобильные системы диагностики или автоматизированные системы управления пользователя.

Техническим результатом является предотвращение аварийных ситуации за счет возможности спрогнозировать достижение заданных контрольных значений состояния проводов и тросов для выдачи соответствующих команд для принятия необходимых мер.

Поставленная задача решается, а технический результат достигается за счет способа автоматического контроля контактного провода электротранспорта, включающего формирование и отправку опросного сигнала, сбор и обработку информации о состоянии элементов контактной сети посредством устройств, для считывания информации о температуре и силе натяжения контактного провода по полученному опросному сигналу, с датчиков силы и температуры, при этом устройство для считывания информации о температуре формирует и посылает опросный сигнал к опрашиваемому датчику температуры, при этом входящий опросный сигнал поступает на антенну встречно-штыревого преобразователя датчика температуры, который преобразует электромагнитный опросный сигнал в поверхностную акустическую волну, распространяющуюся вдоль поверхности пьезоэлектрической подложки датчика температуры, частично отражается от стартовой, промежуточной и конечной отражающей структуры, и возвращается во встречно-штыревой преобразователь, где обратно преобразуется в электромагнитный сигнал в виде задержанных во времени отраженных импульсов, возвращающихся в устройство для считывания информации о температуре с помощью приемопередающей антенны; устройство для считывания информации о силе натяжения контактного провода формирует и посылает опросный сигнал к опрашиваемому датчику силы, представляющему собой силоизмерительную шайбу, при этом входящий опросный сигнал поступает на приемопередающую антенну встречно-штыревого преобразователя датчика силы, который преобразует электромагнитный опросный сигнал в поверхностную акустическую волну, распространяющуюся вдоль поверхности пьезоэлектрической пластины резонатора датчика силы, проходит через электроды, встречая неоднородность, и возвращается в встречно-штыревой преобразователь, где обратно преобразуется в электромагнитный сигнал в виде задержанных во времени отраженных импульсов, возвращающихся в устройство для считывания информации о силе натяжения контактного провода с помощью приемопередающей антенны; причем одновременно с формированием опросного сигнала устройство для считывания информации о температуре дополнительно генерирует опросный ультразвуковой сигнал, посылаемый ультразвуковым излучателем к подвесному блоку компенсаторов, который возвращается к ультразвуковому приемнику; по полученным данным устройства для считывания информации о температуре и силе натяжения контактного провода обрабатывают полученную информацию и передают её к внешним потребителям.

Технический результат также достигается за счет системы автоматического контроля контактного провода электротранспорта, размещенной на железобетонной опоре, к которой крепится несущий трос, блок компенсатора, подвешенный на тросе при помощи роликов, контактный провод, за счет датчиков температуры и силы натяжения контактного провода, устройства для считывания информации о температуре и силе натяжения контактного провода с датчиков, ультразвуковые приемник с антенной и излучатель с антенной, при этом датчики температуры выполнены в виде беспроводных радиочастотных пассивных датчиков температуры с внешней щелевой антенной, установленные на контактном проводе, а датчики силы натяжения контактного провода выполнены в виде беспроводных радиочастотных пассив-

ных датчиков силы, установленных при помощи крепежных механизмов в разрыв троса в местах между анкерным кронштейном со штангой и подвесными изоляторами, а также в разрыв троса блока компенсатора. Беспроводные радиочастотные пассивные датчики температуры представляют собой акустоэлектронные пассивные радиочастотные датчики на поверхностных акустических волнах, содержащие чувствительный элемент в виде пьезоэлектрической подложки, на поверхности которой расположены встречно-штыревой преобразователь, соединенный с антенной, и не менее трех отражающих структур, последовательно расположенных вдоль поверхности пьезоэлектрической подложки, а антенна встречно-штыревого преобразователя подключена к внешней щелевой антенне. Беспроводные радиочастотные пассивные датчики силы выполнены в виде силоизмерительной шайбы, зажимаемой крепежным механизмом при натяжении троса между металлическими шайбами из нержавеющей стали, при этом силоизмерительная шайба содержит шпоночную выточку, в которую установлены два резонатора на поверхностных акустических волнах, соединенные при помощи высокочастотных кабелей к приемопередающим антеннам. Каждый резонатор на поверхностных акустических волнах представляет собой пьезоэлектрическую пластину, на которой расположены встречно-штыревой преобразователь с антенной, содержащий набор электродов, а также отражатели, при этом антенна встречно-штыревого преобразователя соединена с приемопередающей антенной при помощи высокочастотного провода. К силоизмерительной шайбе прижаты две металлические шайбы из нержавеющей стали, заложенные в шайбе с буртом. Отражающие структуры выполнены в виде стартовой, промежуточной и конечной отражающей структуры.

#### Краткое описание чертежей

Фиг. 1 - система автоматического контроля контактного провода электротранспорта (общий вид с датчиком температуры).

Фиг. 2 - вид А на фиг. 1.

Фиг. 3 - система автоматического контроля контактного провода электротранспорта (общий вид с датчиком силы).

Фиг. 4 - вид В на фиг. 3.

Фиг. 5 - конструкция беспроводного радиочастотного пассивного датчика температуры.

Фиг. 6 - условная топология беспроводного радиочастотного пассивного датчика температуры.

Фиг. 7 - силоизмерительная шайба с крепежным механизмом.

Фиг. 8 - конструкция датчика силы.

Фиг. 9 - схема резонатора.

Фиг. 10 - структурная блок-схема считывающего устройства датчиков температуры.

Фиг. 11 - структурная блок-схема считывающего устройства датчиков силы.

На фигурах обозначены следующие позиции:

поз. 1 - устройство для считывания информации о температуре с датчиков температуры;

поз. 2 - контактный провод;

поз. 3 - беспроводной радиочастотный пассивный датчик температуры;

поз. 4 - железобетонная опора;

поз. 5 - устройство для считывания информации о силе натяжения контактного провода;

поз. 6 - подвесной изолятор;

поз. 7 - анкерный кронштейн;

поз. 8 - несущий трос;

поз. 9 - блок компенсатора;

поз. 10 - трос блока компенсатора;

поз. 11 - датчик силы;

поз. 12 - крепежный механизм;

поз. 13 - ультразвуковой приемник с антенной;

поз. 14 - ультразвуковой излучатель с антенной;

поз. 15 - крепежные болты с гайками;

поз. 16 - чувствительный элемент на поверхностных акустических волнах;

поз. 17 - контакты чувствительного элемента;

поз. 18 - щелевая антенна;

поз. 19 - крепежная прокладка;

поз. 20 - основание;

поз. 21 - антенна;

поз. 22 - встречно-штыревой преобразователь;

поз. 23 - стартовая отражающая структура;

поз. 24 - промежуточная отражающая структура;

поз. 25 - конечная отражающая структура;

поз. 26 - пьезоэлектрическая подложка датчика температуры;

поз. 27 - пластина;

поз. 28 - крепеж к тросу;

поз. 29 - металлическая шайба из нержавеющей стали;

- поз. 30 - крепежный механизм для зажима силоизмерительной шайбы;
- поз. 31 - силоизмерительная шайба;
- поз. 32 - резонаторы на ПАВ;
- поз. 33 - приемопередающие антенны;
- поз. 34 - пьезоэлектрическая пластина резонатора;
- поз. 35 - отражатели;
- поз. 36 - электроды встречно-штыревого преобразователя;
- поз. 37 - встречно-штыревой преобразователь;
- поз. 38 - антенна;
- поз. 39 - шайба с буртом;
- поз. 40 - шпоночная выточка;
- поз. 41 - высокочастотный кабель;
- поз. 42 - ЛЧМ генератор;
- поз. 43 - блок разделения приема и передачи;
- поз. 44 - приемопередающая антенна;
- поз. 45 - смеситель;
- поз. 46 - фильтр;
- поз. 47 - АЦП;
- поз. 48 - сигнальный процессор;
- поз. 49 - блок преобразователя интерфейса;
- поз. 50 - генератор;
- поз. 51 - усилитель;
- поз. 52 - ЛЧМ генератор;
- поз. 53 - блок разделения приема и передачи;
- поз. 54 - приемопередающая антенна;
- поз. 55 - смеситель;
- поз. 56 - фильтр;
- поз. 57 - АЦП;
- поз. 58 - сигнальный процессор;
- поз. 59 - блок преобразователя интерфейса.

В условиях увеличения требований к надежности эксплуатации железнодорожного транспорта актуальна проблема серьезных повреждений (обрывов) в электротяговых сетях (ЭТС). Обрывы могут быть вызваны в том числе образованием гололеда, падением опор, снижением качества токосъема. Система мониторинга состояния контактного провода должна оценивать динамику процесса изменения состояния контактного провода на основе информации от датчиков температуры контактного провода и датчиков силы натяжения тросов и контактных проводов, что делает возможным прогнозирование пользователем достижения контрольных значений состояния проводов и тросов для выдачи соответствующих возможных команд на принятие необходимых мер (профилактический подогрев контактного провода или плавка отложений).

Заявленное решение применяется для мониторинга температуры и натяжения контактного провода.

На фиг. 1 и 3 показана схема установки компонентов системы, позволяющая реализовать автоматический беспроводной мониторинг контактной сети и осуществить прогноз состояния контактного провода. Беспроводной радиочастотный пассивный датчик температуры (3) закреплен на контактном проводе (2). Устройство для считывания информации о температуре с датчика температуры (1) установлено на железобетонную опору (4) вместе с ультразвуковым приемником (13) и ультразвуковым излучателем (14). Также на железобетонной опоре (4) закреплено устройство для считывания информации о силе натяжения контактного провода (2) с пассивного датчика силы (11). Пассивные датчики силы (11), с помощью крепежного механизма (12) установлены в разрыв несущего троса (8) между подвесным изолятором (6) и анкерным кронштейном (7), а также в разрыв троса (10) блока компенсатора (9).

На фиг. 5 показана конструкция пассивного датчика температуры. Чувствительный элемент (16) на поверхностных акустических волнах содержит внутри себя пьезоэлектрическую подложку (26), на которой расположен встречно-штыревой преобразователь (22), соединенный с антенной (21), а также последовательно расположенные: стартовая отражающая структура (23), промежуточная отражающая структура (24), конечная отражающая структура (25) (фиг. 6). Антенна (21) внутри чувствительного элемента (16) соединена с его выводными контактами (17), которые в свою очередь соединены со щелевой антенной (18). Щелевая антенна (18), чувствительный элемент (16), основание (20), прокладка (19), пластина (27) соединены, как показано на фиг. 5, с помощью болтов с гайками (15) так, что зажимают контактный провод (2).

На фиг. 7-9 показана конструкция беспроводного радиочастотного пассивного датчика силы (11), представляющего собой силоизмерительную шайбу (31) зажимаемую крепежным механизмом (30). К силоизмерительной шайбе (31) прижимаются две металлические шайбы из нержавеющей стали (29), закладываемые в шайбу с буртом (39). Крепежный механизм (30) устанавливается в разрыв троса (8), за-

крепляемого с помощью крепежа (28). В шпоночной выточке (40) силоизмерительной шайбы (31) установлены два резонатора на поверхностных акустических волнах (ПАВ) (32) с высокочастотными кабелями (41) прикрепляемыми к приемопередающим антеннам (33). Каждый резонатор (32) представляет собой пьезоэлектрическую пластину (34), на которой расположены встречно-штыревой преобразователь (37) с антенной (38), содержащий набор электродов (36), а также отражатели (35). Антенна (38), в свою очередь, соединена с приемопередающей антенной (33) с помощью высокочастотного кабеля (41).

На фиг. 10 показана структурная схема устройства, используемого для считывания датчиков температуры. Считыватель содержит приемопередающую антенну (44), соединенную с блоком разделения приема и передачи (43), который, в свою очередь, соединен с генератором линейно-частотно-модулированного (ЛЧМ) сигнала (42). Генератор ЛЧМ (42) соединен со смесителем (45), смеситель (45) подключен к фильтру (46), а фильтр подключен к аналого-цифровому преобразователю (АЦП) (47), соединенному с сигнальным процессором (48), подключенный к блоку преобразователя интерфейсов (49), имеющему разъемы для подключения внешнего потребителя информации. Считывающее устройство датчиков температуры дополнительно содержит ультразвуковой излучатель с антенной (14), соединенный с генератором (50), управляющим разрешающим сигналом от сигнального процессора (48), и ультразвуковой приемник с антенной (13), соединенный с усилителем (51), сигнал с которого поступает в сигнальный процессор и передается далее к пользователям (операторам) через блок преобразователя интерфейса (49).

На фиг. 11 показано считывающее устройство датчиков силы, содержащее приемопередающую антенну (54), соединенную с блоком разделения приема и передачи (53), который в свою очередь соединен с генератором линейно-частотно-модулированного (ЛЧМ) сигнала (52). Генератор ЛЧМ (52) соединен со смесителем (55), смеситель (55) подключен к фильтру (56), а фильтр подключен к аналого-цифровому преобразователю (АЦП) (57), соединенному с сигнальным процессором (58), подключенный к блоку преобразователя интерфейсов (59), имеющему разъем для подключения внешнего потребителя информации (оператор).

Описанная система работает следующим образом.

Устройство для считывания информации о температуре с датчиков температуры (1) формирует сигнал опроса, передаваемый по радиоканалу с помощью приемопередающей антенны (44), который приходит к опрашиваемому датчику температуры (3), устанавливаемого на контактный провод (2). Приходящий опросный сигнал поступает на щелевую антенну (18) и далее на антенну (21) встречно-штыревого преобразователя (ВШП) (22), который преобразует электромагнитный опросный сигнал в поверхностную акустическую волну, распространяющуюся вдоль поверхности пьезоэлектрической подложки датчика температуры (26), на которой последовательно расположены отражающие структуры (23)-(25). Акустическая волна частично отражается от каждой структуры (23)-(25) и возвращается в ВШП (22), где обратно преобразуется в электромагнитный сигнал в виде задержанных во времени отраженных импульсов, возвращающихся к считывающему устройству датчиков температуры (1) с помощью приемопередающей антенны (44). Изменение температуры контактного провода ведет к изменению времени задержки между отраженными от структур импульсами, что пропорционально изменению температуры контактного провода. Полученные отраженные импульсы приходят на приемопередающую антенну (44). Полученный сигнал поступает на блок разделения приема и передачи (43), переключенного в режим приема и далее сигнал поступает в блок смесителя (45), к которому также подключен ЛЧМ генератор (42). С помощью блока смесителя принимаемого и передаваемого сигнала получается сигнал на резонансной частоте, который проходит через фильтр (46) к аналого-цифровому преобразователю (АЦП) (47), где оцифровывается и поступает к сигнальному процессору (48), осуществляющему обработку полученного сигнала и вычисляющего значение температуры. Одновременно с этим, в считывающем устройстве датчиков температуры генератор (50), управляемый сигнальным процессором (48) и соединенный с ультразвуковым излучателем (14), непрерывно генерирует опросный ультразвуковой сигнал, посылаемый к подвесному блоку компенсатора (9). Отраженный сигнал, поступает на ультразвуковой приемник с антенной (13) и далее через усилитель к сигнальному процессору, в котором вычисляется расстояние от считывающего устройства до блока компенсатора.

Изменение расстояния от ультразвукового излучателя до подвесного блока компенсатора говорит об изменении натяжения троса (10), а значит об изменении натяжения контактного провода (2). Полученная информация с датчика температуры (3) и об изменении расстояния от ультразвукового излучателя до подвесного блока компенсатора, позволяет также спрогнозировать обрыв кабеля и предупредить оператора, путем передачи информации через блок преобразователя интерфейса (49) ко всем внешним потребителям информации (операторам).

Устройство для считывания информации о силе натяжения контактного провода (5) формирует опросный сигнал, передаваемый по радиоканалу с помощью приемопередающей антенны (54), который приходит к опрашиваемому датчику силы (11), представляющему собой силоизмерительную шайбу (31), содержащую два резонатора (32) в шпоночной выточке (40), каждый из резонаторов представляет собой пьезоэлектрическую пластину (34), на поверхности которой расположен ВШП (37) с антенной (38), содержащий электроды (36). Частота резонаторов на ПАВ определяется расстоянием между электродами

(36). При деформации силоизмерительной шайбы резонаторы изменяют свои резонансные частоты, и поскольку между частотой и фазой существует интегрально-дифференциальная связь, то любые изменения частоты приводят к изменению фазы. Поэтому целесообразно использовать фазовые набег, связанные с изменением силы сжатия силоизмерительной шайбы (31). Опросный сигнал от устройства для считывания информации о силе натяжения контактного провода поступает через приемопередающую антенну (33) подключенную с помощью высокочастотного кабеля (41) к резонаторам на антенну (38) резонатора (32), соединенную с ВШП (37). Опросный сигнал с помощью ВШП преобразуется из электромагнитного в акустическую поверхностную волну, распространяющуюся вдоль пьезоэлектрической пластины (34). Встречая неоднородность на своем пути в виде электродов (36), волна отражается обратно в ВШП с антенной. Резонансная частота определяется расстоянием между электродами ВШП (37). Деформация шайбы (31) ведет к деформации пьезоэлектрической пластины резонатора (34) и к изменению расстояния между электродами встречно-штыревого преобразователя (36), что, в свою очередь, изменяет резонансную частоту. Это изменение пропорционально силам деформации, прикладываемым к шайбе (31), и фиксируется в считывающем устройстве для датчика силы (5). Натяжение троса (8) ведет к сдавливанию крепежного механизма (30), что говорит о натяжении. Полученные отраженные импульсы приходят на приемопередающую антенну (54). Полученный сигнал поступает на блок разделения приема и передачи (53), переключенный в режим приема, и далее сигнал поступает в блок смесителя (55), к которому также подключен ЛЧМ генератор (52). С помощью блока смесителя принимаемого и передаваемого сигнала получается сигнал на резонансной частоте, который проходит через фильтр (56) к аналого-цифровому преобразователю (АЦП) (57), где оцифровывается и поступает к сигнальному процессору (58), осуществляющему обработку полученного сигнала и вычисляющему значение силы натяжения контактного провода. Полученные значения передаются через блок преобразователя интерфейса (59) ко всем внешним потребителям информации (операторам). Считывающее устройство (5) передает информацию о критических значениях натяжения троса и прогнозирует обрыв троса (8). Датчик силы, устанавливаемый в местах натяжения троса блока компенсатора (10) и троса между анкерным кронштейном (7) и подвесным изолятором (6), измеряет силу натяжения троса. Сам трос натягивается или ослабляется от натяжения или ослабления контактного кабеля (2).

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

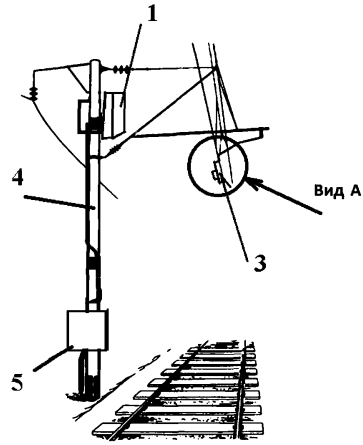
Способ автоматического контроля контактного провода электротранспорта, включающий формирование и отправку опросного сигнала, сбор и обработку информации о состоянии элементов контактной сети посредством устройств, для считывания информации о температуре и силе натяжения контактного провода по полученному опросному сигналу, с датчиков силы и температуры, отличающийся тем, что устройство для считывания информации о температуре формирует и посылает опросный сигнал к опрашиваемому датчику температуры, при этом приходящий опросный сигнал поступает на антенну встречно-штыревого преобразователя датчика температуры, который преобразует электромагнитный опросный сигнал в поверхностную акустическую волну, распространяющуюся вдоль поверхности пьезоэлектрической подложки датчика температуры, частично отражается от стартовой, промежуточной и конечной отражающей структуры и возвращается во встречно-штыревой преобразователь, где обратно преобразуется в электромагнитный сигнал в виде задержанных во времени отраженных импульсов, возвращающихся в устройство для считывания информации о температуре с помощью приемопередающей антенны;

устройство для считывания информации о силе натяжения контактного провода формирует и посылает опросный сигнал к опрашиваемому датчику силы, представляющему собой силоизмерительную шайбу, при этом приходящий опросный сигнал поступает на приемопередающую антенну встречно-штыревого преобразователя датчика силы, который преобразует электромагнитный опросный сигнал в поверхностную акустическую волну, распространяющуюся вдоль поверхности пьезоэлектрической пластины резонатора датчика силы, проходит через электроды, расстояние между которыми зависит от деформации пьезоэлектрической пластины, влияющей на резонансную частоту, где, встречая неоднородность, акустическая волна возвращается во встречно-штыревой преобразователь и обратно преобразуется в электромагнитный сигнал с фазовым сдвигом, пропорциональным силе деформации, возвращающийся в устройство для считывания информации о силе натяжения контактного провода через приемопередающую антенну;

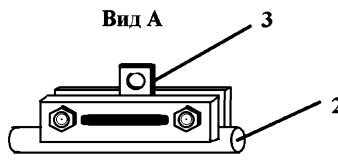
причем одновременно с формированием опросного сигнала устройство для считывания информации о температуре дополнительно генерирует опросный ультразвуковой сигнал, посылаемый ультразвуковым излучателем к подвесному блоку компенсаторов, который возвращается к ультразвуковому приемнику;

по полученным данным устройства для считывания информации о температуре и силе натяжения контактного провода обрабатывают полученную информацию и передают её оператору.

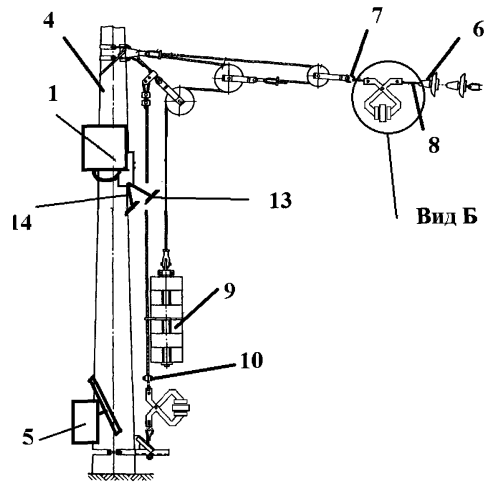




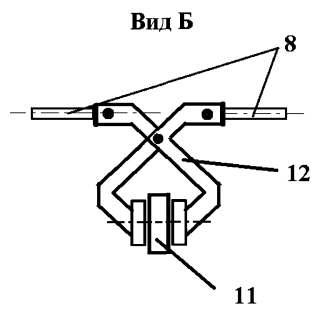
Фиг. 1



Фиг. 2

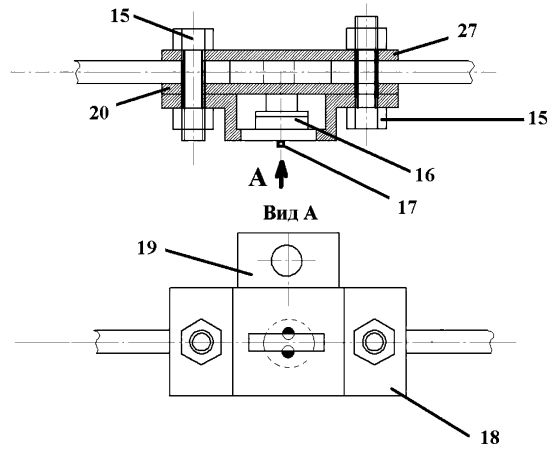


Фиг. 3

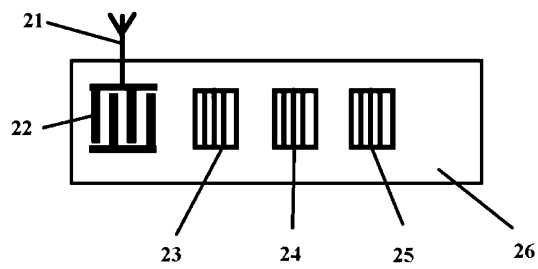


Фиг. 4

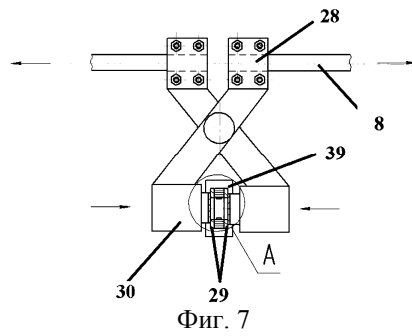
043333



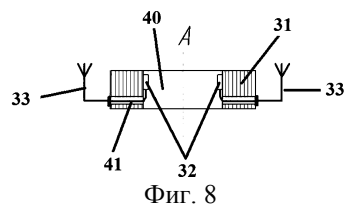
Фиг. 5



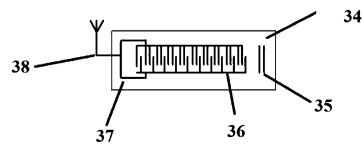
Фиг. 6



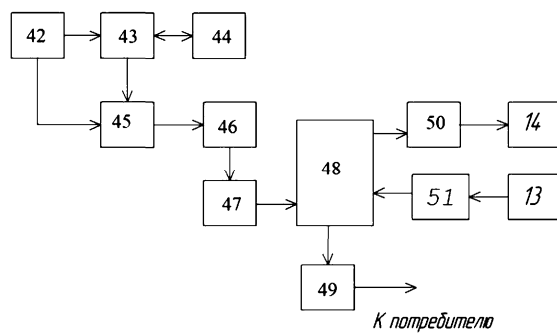
Фиг. 7



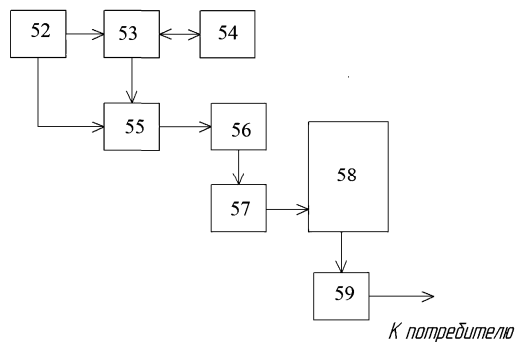
Фиг. 8



Фиг. 9



Фиг. 10



Фиг. 11