



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
*E21B 41/0085* (2018.08); *E21B 47/12* (2018.08)

(21)(22) Заявка: 2017144099, 17.07.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
17.07.2015

Дата регистрации:  
27.11.2018

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 17.07.2015

(45) Опубликовано: 27.11.2018 Бюл. № 33

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на  
национальной фазе: 18.12.2017

(86) Заявка РСТ:  
US 2015/041016 (17.07.2015)

(87) Публикация заявки РСТ:  
WO 2017/014734 (26.01.2017)

Адрес для переписки:  
197101, Санкт-Петербург, а/я 128, "АРС-  
ПАТЕНТ", М.В. Хмара

(72) Автор(ы):

АЛААС, Юсеф (US),  
ГУПТА, Судхир Кумар (US),  
АЛЬМУХАНА, Арам Шихаб Кхалил (US)

(73) Патентообладатель(и):

ХАЛЛИБЕРТОН ЭНЕРДЖИ СЕРВИСЕЗ,  
ИНК. (US)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: US 20090021393 A1, 22.01.2009. RU  
2487994 C2, 20.07.2013. RU 2230187 C2,  
10.06.2004. RU 109205 U1, 10.10.2011. RU  
2325032 C1, 20.05.2008. US 6798338 B1,  
28.09.2004. GB 2508722 A, 11.06.2014.

## (54) ИСТОЧНИК ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ СКВАЖИННЫХ ДАТЧИКОВ, УСТОЙЧИВЫЙ К ЗАМЫКАНИЮ НА ЗЕМЛЮ

(57) Реферат:

Система электропитания и доставки данных, устойчивая к замыканию на землю, для скважинных датчиков подключается к скважинному электродвигателю посредством трехфазного силового кабеля. Источник электропитания переменного тока и модуль данных датчиков электрически соединены с одним из двух проводников (фаз), выбранных в конкретный момент времени из трех проводников (фаз), для подачи сигналов мощности и данных к скважинным датчикам. В случае обнаружения замыкания на землю на одной из двух подключенных фаз изолирующий модуль изолирует замкнутую на землю фазу и

переключает незамкнутую на землю подключенную фазу для обеспечения продолжения передачи сигналов мощности и данных. С целью уменьшения интерференции частота источника электропитания переменного тока, частоты передачи данных и частота переключения привода, управляющего скважинным электродвигателем, ортогональны друг другу. Связь между поверхностью и скважиной может осуществляться путем регулировки напряжения, частоты и/или фазы управляемого процессором источника электропитания переменного тока. 3 н. и 18 з.п. ф-лы, 4 ил.



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*E21B 41/00* (2006.01)  
*E21B 47/12* (2012.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC  
*E21B 41/0085* (2018.08); *E21B 47/12* (2018.08)

(21)(22) Application: **2017144099**, 17.07.2015

(24) Effective date for property rights:  
17.07.2015

Registration date:  
27.11.2018

Priority:

(22) Date of filing: 17.07.2015

(45) Date of publication: 27.11.2018 Bull. № 33

(85) Commencement of national phase: 18.12.2017

(86) PCT application:  
US 2015/041016 (17.07.2015)

(87) PCT publication:  
WO 2017/014734 (26.01.2017)

Mail address:

197101, Sankt-Peterburg, a/ya 128, "ARS-  
PATENT", M.V. Khmara

(72) Inventor(s):

**ALAAS, Yusef (US),  
GUPTA, Sudkhir Kumar (US),  
ALMUKHANA, Aram Shikhab Kkhalil (US)**

(73) Proprietor(s):

**HALLIBURTON ENERGY SERVICES, INC.  
(US)**

(54) **SUSTAINABLE TO THE EARTH FAULT WELL SENSORS ELECTRIC POWER SUPPLY SOURCE**

(57) Abstract:

FIELD: electricity.

SUBSTANCE: power supply and data delivery system, resistant to the earth fault, for downhole sensors is connected to the downhole motor via the three-phase power cable. AC power supply and sensor data module are electrically connected to one of the two conductors (phases), selected at the particular point in time from the three conductors (phases) for the power and data signals supplying to the downhole sensors. In case of the earth fault detection in one of the two connected phases, the isolation module isolates the closed to earth

phase and switches the not closed to earth connected phase to ensure the power and data signals continued transmission. In order to reduce interference, the AC power supply frequency, the data transmission frequency, and the downhole motor controlling drive switching frequency are orthogonal to each other. Connection between the surface and the well can be made by adjusting of the processor controlled AC power source voltage, frequency and / or phase.

EFFECT: reduction of interference.

21 cl, 4 dwg

C 1  
6  
6  
4  
3  
7  
2  
6  
7  
3  
4  
9  
9  
R U

R U  
2  
6  
7  
3  
4  
9  
9  
C 1

## ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ

Данное изобретение в целом относится к скважинным системам электропитания, а более конкретно, к системе электропитания и доставки данных для скважинных датчиков, устойчивой к замыканию на землю.

## УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

В эксплуатационных скважинах для добычи углеводородов для откачки флюидов из скважины на поверхность часто используются системы насосно-компрессорной добычи, такие как установки погружных центробежных электронасосов (УПЦЭН). Как правило, обычная система УПЦЭН содержит центробежный насос, приводимый в действие посредством расположенных на поверхности трехфазного источника напряжения и привода с регулируемой скоростью, с помощью которых через трехфазный силовой кабель подается трехфазное напряжение на скважинный электродвигатель. Кроме того, по силовому кабелю передаются сигналы данных между поверхностными и скважинными датчиками. Такие сигналы включают различные данные, относящиеся к характеристикам скважинных компонентов и скважинным измерениям.

Однако замыкание одной или большего количества фаз на землю вдоль силового кабеля является задачей, требующей решения. В таком случае, в зависимости от места, в котором происходит замыкание кабеля на землю, передача данных по силовому кабелю становится ненадежной или невозможной.

Соответственно, в данной области техники существует потребность в устойчивой к замыканию на землю системе электропитания и доставки данных для использования в скважинной среде.

## КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ГРАФИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Различные варианты реализации данного изобретения будут более понятны с помощью приведенного ниже подробного описания, а также с помощью прилагаемых графических материалов, на которых проиллюстрированы различные варианты реализации изобретения. На графических материалах схожие ссылочные номера могут указывать на одинаковые или функционально схожие элементы.

На Фиг. 1 проиллюстрирована схема скважинной системы электропитания и доставки данных, устойчивой к замыканию на землю, в соответствии с некоторыми иллюстративными вариантами реализации данного изобретения.

На Фиг. 2 проиллюстрирована упрощенная функциональная схема, поясняющая работу и особенности иллюстративного варианта реализации системы электропитания и доставки данных, устойчивой к замыканию на землю.

На Фиг. 3 проиллюстрирована блок-схема настройки источника электропитания и переключения фазы, реализованных в системе электропитания и доставки данных, устойчивой к замыканию на землю, проиллюстрированной на Фиг. 2.

На Фиг. 4 проиллюстрирована структурная схема иллюстративной компьютерной системы, в которой могут быть реализованы варианты реализации данного изобретения.

## ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ СУЩНОСТИ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Ниже описаны иллюстративные варианты реализации изобретения и связанные с ними способы данного изобретения, которые могут использоваться в системе электропитания и доставки данных для скважинных датчиков, устойчивой к замыканию на землю. Варианты реализации данного изобретения относятся к разработке источника электропитания для скважинных датчиков нефтяных скважин с погружными центробежными электронасосами, которые работают, даже в случае, когда одна из фаз погружного электродвигателя замкнута на землю и не интерферирует с передаваемыми данными и частотой переключений привода, подключенного к погружному

электродвигателю. Для ясности в данном подробном описании описываются не все особенности фактической реализации или способа. Следует понимать, что при разработке любого такого фактического варианта реализации изобретения могут быть приняты многочисленные конкретные решения для реализации конкретных целей разработчиков, таких как соответствие системным и производственным ограничениям, которые будут варьироваться от одной реализации к другой. Кроме того, следует учесть, что данные проектно-конструкторские работы могут быть сложными и трудоемкими, но, тем не менее, будут рутинной задачей для специалистов в данной области техники, использующих преимущество данного изобретения. Дальнейшие аспекты и преимущества различных вариантов реализации изобретения и связанных с ними способов станут очевидными при рассмотрении нижеследующего описания и графических материалов.

Как описано в данной заявке, иллюстративные варианты реализации данного изобретения обеспечивают систему электропитания и доставки данных для скважинных датчиков, устойчивую к замыканию на землю. В обобщенном варианте реализации изобретения посредством расположенного на поверхности трехфазного источника электропитания через трехфазный кабель подается трехфазное напряжение на скважинный электродвигатель (например, электродвигатель УПЦЭН). Модуль скважинного датчика соединен со скважинным электродвигателем с помощью соединения типа «звезда». Расположенный на поверхности источник электропитания переменного тока электрически соединен с одним из двух проводников (фаз), выбранных в данный момент времени из трех проводников (фаз), для подачи сигналов мощности переменного тока в модуль скважинного датчика. Расположенный на поверхности модуль данных датчиков также в данный момент времени электрически соединен с тем же одним проводником (фазой) из двух проводников (фаз) для передачи сигналов данных в модуль скважинного датчика и из него. Изолирующие модули подключены между источником электропитания переменного тока и модулем данных датчиков и двумя проводниками для избирательного изолирования одного из двух проводников в ответ на замыкание на землю, возникающее вдоль изолированного проводника. Таким образом, источник электропитания переменного тока и модуль данных датчиков в данный момент времени подключаются к одному и тому же проводнику (фазе). Переключение с данного проводника на другой проводник (фазу) из двух проводников, подключенных к изолирующим модулям, происходит в случае обнаружения на подключенном проводнике (фазе) замыкания на землю.

В случае нормальной работы данного обобщенного варианта реализации изобретения сигналы мощности и сигналы данных скважинного датчика передаются только по одному из двух подключенных проводников. Следовательно, в случае, когда на третьем неподключенном проводнике будет обнаружено замыкание на землю, сигналы мощности и данных продолжают передаваться по одному проводнику, соединенному с системой электропитания и доставки данных. При обнаружении замыкания на землю на одном из двух подключенных проводников изолирующий модуль изолирует замкнутый на землю подключенный проводник и, в случае необходимости, переключается на незамкнутый на землю проводник. В результате сигналы мощности и данных продолжают передаваться по одному оставшемуся подключенному проводнику.

Некоторые иллюстративные варианты реализации изобретения, описанные в данной заявке, не содержат большего числа схем, чем необходимо для обеспечения защиты от замыкания на землю и надежной доставки данных. Поскольку при замыкании на землю двух из трех проводников большинство скважинных электродвигателей отключаются,

нет необходимости в подключении системы электропитания и доставки данных по данному изобретению более чем к двум проводникам. При этом большинство систем из предшествующего уровня техники подключаются ко всем трем проводникам, тем самым делая конструкцию более сложной и дорогостоящей. Однако в вариантах реализации данного изобретения данная функция отключения используется только в случае, когда два из трех проводников соединены с системой электропитания и доставки данных. При возникновении замыкания на землю на любом из трех проводников система электропитания и доставки данных продолжает передавать данные по одному из двух подключенных проводников. В случае, когда на двух из трех проводников возникает замыкание на землю, система электропитания и доставки данных будет продолжать обеспечивать передачу сигналов мощности и данных (при условии, что незаземленный проводник является подключенным проводником), даже если электродвигатель отключен, что особенно важно в случае временных отключений электродвигателя. Система предназначена для непрерывной работы с любым из трех замкнутых на землю проводников (фаз). В одном или более вариантах реализации изобретения с двумя или более заземленными проводниками (фазами) система может продолжать работать, в зависимости от степени и местоположения замыкания на землю. Таким образом, при меньших затратах обеспечивается эффективная и надежная защита от замыканий на землю и передача данных.

На Фиг. 1 проиллюстрирована схема скважинной системы электропитания и доставки данных, устойчивой к замыканию на землю, в соответствии с некоторыми иллюстративными вариантами реализации данного изобретения. Скважинная система 10 содержит ствол 12 скважины, проходящий через различные слои Земли, включая нефтегазопродуктивный интервал 20. Ствол 12 скважины содержит установленную в нем обсадную колонну 16 и буровой снаряд 14, который в данном примере является эксплуатационной колонной. Узел пакера 18 проиллюстрирован как расположенный над узлом 22 всасывающего клапана, герметичным кольцевым пространством 24, образованным между эксплуатационной колонной 14 и обсадной колонной 16 ствола скважины и изолирующим нефтегазопродуктивным интервалом. Скважинный электродвигатель 19 (например, скважинный погружной насос, такой как УПЦЭН или другая система механизированной добычи) расположен ниже по стволу скважины от узла 22 всасывающего клапана для перекачивания добываемого флюида из пласта на поверхность 26. Скважинный электродвигатель 19 соединен посредством уплотнения 21 с насосом 23. Как понимают в данной области техники, узел 22 всасывающего клапана предотвращает протекание потока флюида обратно в скважинный электродвигатель 19 при отключении насоса 23 для обслуживания, процедур впрыска, испытаний под давлением и т. д.

Система 100 электропитания и доставки данных, устойчивая к замыканию на землю, расположена на поверхности 26. Как будет более подробно описано ниже, система 100 электропитания и доставки данных обеспечивает подачу трехфазного напряжения на скважинный электродвигатель 19 через трехфазный силовой кабель 30, который является трехжильным кабелем. Система 100 электропитания и доставки данных также обеспечивает подачу напряжения переменного тока через силовой кабель 30 на модуль 11 скважинного датчика, соединенный со скважинным электродвигателем 19. Кроме того, система 100 электропитания и доставки данных также обеспечивает двунаправленную передачу данных между модулем данных датчиков (не показан) и модулем 11 скважинного датчика через силовой кабель 30.

Несмотря на то, что в данной заявке приводятся варианты использования с датчиком

скважинного УПЦЭН, различные варианты реализации данного изобретения могут быть использованы в любой скважинной системе, в которой используется передача данных по трехпроводному каналу связи по питающим проводам, такой как, например, некоторые варианты применения для проводной связи, каротаж во время бурения (КВБ), варианты применения для измерения во время бурения (ИВБ), варианты применения с талевым канатом и т. д., как будет понятно специалистам в данной области, использующим преимущество данного изобретения. Кроме того, в то время как на Фиг. 1 проиллюстрирован вертикальный, обсаженный ствол скважины, иллюстративные варианты реализации данного изобретения будут работать в любой ориентации, а также в необсаженном или обсаженном стволе скважины. Очевидно, что варианты реализации данного изобретения могут использоваться в различных способах, включая добычу, операции по увеличению дебита скважин, заканчивание, испытание, бурение, гидравлический разрыв пласта, ремонтные работы и т. д.

На Фиг. 2 проиллюстрирована упрощенная функциональная схема, поясняющая работу и особенности иллюстративного варианта реализации системы 100 электропитания и доставки данных, устойчивой к замыканию на землю. Как указывалось ранее, система 100 электропитания и доставки данных обеспечивает подачу мощности и данных вниз по стволу скважины через силовой кабель 30. Система 100 электропитания и доставки данных содержит входное трехфазное напряжение 102 (например, среднеквадратичное напряжение 480 В с частотой 60 Гц), которое подается на привод с регулируемой скоростью (ПРС) 104, управляющий скоростью скважинного электродвигателя 19 с использованием контроллера (не показан). Например, выходным сигналом привода 104 с регулируемой скоростью может быть трехфазное выходное напряжение 480 В (среднеквадратичное) с переменной частотой, формируемое коммутационной схемой (не показана) привода 104 с регулируемой скоростью, причем с помощью регулируемой частоты переключения управляют скоростью скважинного электродвигателя 19. Для повышения уровня трехфазного выходного напряжения, подаваемого на скважинный электродвигатель 19 через силовой кабель 30, между приводом 104 с регулируемой скоростью и силовым кабелем 30 может быть подключен дополнительный повышающий трансформатор 106. Силовой кабель 30 может проходить в ствол скважины на тысячи метров (футов), при этом его конец подключен к скважинному электродвигателю 19. Путем изменения выходного напряжения и частоты коммутации привода 104 с регулируемой скоростью связанный с ним контроллер управляет скоростью скважинного электродвигателя 19.

Силовой кабель 30 содержит первый проводник 108a, второй проводник 108b и третий проводник 108c, посредством совместного использования которых обеспечивается подача трехфазного напряжения для скважинного электродвигателя 19. Скважинный электродвигатель 19 соединен с проводниками 108a,b,c посредством соединения 110 типа «звезда». Модуль 112 скважинного датчика соединен с соединением 110 типа «звезда», при помощи которого сигналы мощности и данных передаются по силовому кабелю 30, как описано ниже. Модуль 112 датчика может содержать множество датчиков, включая, например, резистивные, магнитные или электрические датчики.

На поверхности 26 система 100 электропитания и доставки данных дополнительно содержит регулируемый (напряжение, частота и фаза) источник электропитания переменного тока 114, который осуществляет подачу сигналов электропитания переменного тока в модуль 112 скважинного датчика. Источник электропитания переменного тока 114 содержит высокочастотную выходную цепь питания переменного

тока. В данном иллюстративном варианте реализации изобретения источник 114 электропитания переменного тока соединен только с первым проводником 108a и вторым проводником 108b, тем самым обеспечивая подачу сигналов мощности переменного тока. Как правило, напряжение переменного тока от источника 114 электропитания переменного тока подается на один из трех проводников 108a,b,c, посредством которых обеспечивается электропитание переменного тока для скважинного погружного электродвигателя 19. Первый изолирующий модуль 118 соединен с источником 114 электропитания переменного тока для избирательного изолирования первого или второго проводника 108a,b в ответ на замыкание на землю, возникающее вдоль изолированного проводника 108a или 108b. В результате сигналы мощности переменного тока продолжают подаваться по одному подключенному проводнику 108a или 108b. В одном или более вариантах реализации изобретения для фильтрации низкочастотной составляющей сигнала мощности электродвигателя, когда одна из фаз электродвигателя замкнута на землю, подключение к источнику электропитания выполняется в скважине.

Первый изолирующий модуль 118 содержит датчик 116 тока, высоковольтный переключатель 120 и связанную с ним схему 138 обработки, выполненную с возможностью переключения переключателя 140 между первым и вторым проводниками 108a и 108b. Датчик 116 тока последовательно соединен с источником 114 электропитания переменного тока для измерения величины тока, подаваемого от источника 114 электропитания переменного тока. Измеренный уровень тока указывает на замыкание на землю одного из проводников 108a,b. Схема обработки 138 (например, микропроцессор с энергонезависимой памятью) соединена с датчиком 116 тока и высоковольтным переключателем 120 для управления изолированием. Схема 138 обработки может быть выполнена в виде некоторой независимой схемы или может использоваться один и тот же контроллер, что и для управления приводом 104 с регулируемой скоростью и другими компонентами системы. Для фильтрации нежелательных сигналов между датчиком 116 тока и высоковольтным переключателем 120 подключен первый соединитель 122 с настраиваемым импедансом. Также для фильтрации нежелательных сигналов между модулем 124 данных датчиков и высоковольтным переключателем 120 подключен второй соединитель 126 с настраиваемым импедансом. В качестве высоковольтного переключателя 120 может использоваться, например, высоковольтное реле или контактор.

Следует также отметить, что схема 138 обработки может содержать по меньшей мере один процессор или аналоговую схему, которая активируется на основании порогового значения тока, и энергонезависимое машиночитаемое запоминающее устройство, связанные между собой посредством системной шины. Команды программного обеспечения, выполняемые процессором для реализации иллюстративных способов передачи мощности и данных, описанных в данной заявке, могут храниться в локальном запоминающем устройстве или на каком-либо другом машиночитаемом носителе. Также будет отмечено, что одни и те же команды программного обеспечения также могут загружаться в запоминающее устройство с компакт-диска или другого соответствующего носителя данных посредством проводных или беспроводных способов.

Кроме того, специалистам в данной области техники будет понятно, что различные аспекты изобретения могут быть реализованы на практике посредством компьютерной системы различных конфигураций, включая карманные устройства, многопроцессорные системы, микропроцессорную или программируемую бытовую электронику,

миникомпьютеры, универсальные электронно-вычислительные машины и тому подобное. Для реализации данного изобретения может использоваться любое количество компьютерных систем и компьютерных сетей. Изобретение может быть реализовано в средах распределенных вычислений, в которых задачи выполняются с использованием устройств удаленной обработки, связанных посредством сети связи. В среде распределенных вычислений программные модули могут быть расположены как на локальном, так и на удаленном компьютере, в том числе на запоминающих устройствах. Следовательно, данное изобретение может быть реализовано с использованием различного аппаратного обеспечения, программного обеспечения или их комбинации в компьютерной системе или другой системе обработки.

Со ссылкой на Фиг. 2, для управления изолированием во время работы, первый изолирующий модуль 118 обнаруживает замыкание на землю вдоль первого проводника 108a или второго проводника 108b. Данное обнаружение замыкания на землю может выполняться посредством различных способов. В первом иллюстративном варианте реализации изобретения схема 138 обработки определяет ток на переключателе 120 в положении (a) (то есть при соединении с проводником 108a) и на переключателе 120 в положении (b) (то есть при соединении с проводником 108b), посредством считывания показаний текущих уровней, измеренных датчиком 116, и последующего сравнения показаний. Например, считывание уровней тока на переключателе 120 в положениях (a) и (b) может выполняться посредством установки переключателя 120 в положение (a) в момент времени A, измерения тока и последующего сохранения показаний. В момент времени B переключатель 120 устанавливается в положение (b), измеряют ток, а затем считывают и сохраняют. После этого схема 138 обработки сравнивает два значения тока для определения, в какое положение необходимо установить переключатель 120. В случае, когда происходит замыкание на землю одного из: первого или второго проводников 108a,b, ток, протекающий через заземленный проводник, возрастает. Поскольку ток на первом и втором проводниках 108a,b непрерывно контролируется посредством схемы 138 обработки, в результате показания тока, имеющие более высокие значения, указывают на то, что схема 138 обработки должна установить переключатель 120 в определенное заданное положение. Когда переключатель 120 установлен в положение (a) или в положение (b), переключатель 120 продолжает подавать сигнал мощности переменного тока в модуль 112 скважинного датчика через подключенный проводник 108a или 108b. На Фиг. 2, переключатель 120 находится в положении (b), и, следовательно, второй проводник 108b является подключенным проводником, тогда как первый проводник 108a является изолированным проводником.

В альтернативном способе обнаружения замыкания на землю схема 138 обработки выполнена с возможностью непрерывного контроля токов, протекающих через переключатель 120 в положениях (a) и (b) и сравнения текущих показаний с заданным пороговым значением тока. В некоторых иллюстративных вариантах реализации изобретения пороговое значение может быть предварительно вычислено схемой 138 обработки на основе напряжения источника 114 переменного тока и полного сопротивления общей цепи, подключенной к нему. Как только один из указанных токов будет превышать заданное значение, переключатель 120 устанавливается в соответствующее (заданное) положение.

Возвращаясь к Фиг. 2, система 100 электропитания и доставки данных, устойчивая к замыканию на землю, дополнительно содержит соединитель 122 с настраиваемым импедансом, подключенный между источником 114 электропитания переменного тока



и переключателем 120. Как будет понятно специалистам, извлекающим пользу из данного изобретения, соединитель 122 с настраиваемым импедансом выполнен с возможностью пропускания частот от источника электропитания 114 переменного тока на первый и второй проводники 108a,b, обеспечивая высокий импеданс для других частот, предотвращая прохождение низкочастотных напряжений от электродвигателя, подаваемых посредством ПРС 104 и трансформатора 106 со входа схемы данных/ датчика источника электропитания. Такой соединитель может быть реализован посредством различных способов, включая, например, конденсатор, последовательно соединенный с катушкой индуктивности, или в виде другой требуемой конструкции.

Система 100 электропитания и доставки данных, устойчивая к замыканию на землю, дополнительно содержит модуль 124 данных датчиков, выполненный с возможностью управления передачей данных (однонаправленной и двунаправленной связью) с модулем 112 скважинного датчика через первый и второй проводники 108a,b. Среди других функций модуль 124 данных датчиков, главным образом, осуществляет демодуляцию сигналов данных, принимаемых от скважинной схемы датчика. В случае замыкания на землю одного из: первого и второго проводников 108a,b, переключатель 120 может быть установлен в соответствующее (заданное) положение, как описано выше, при этом сигналы данных могут передаваться через один из проводников 108a или 108b.

Соединитель 126 с настраиваемым импедансом подключен между модулем 124 данных датчиков и переключателем 120. Соединитель 126 с настраиваемым импедансом выполнен таким образом, чтобы обеспечить прохождение через него частот сигналов данных, передаваемых модулем 124 данных датчиков и модулем 112 скважинного датчика, и обеспечить высокий импеданс для других частот для предотвращения выхода из строя схемы данных из-за высоких напряжений от ПРС 104 и трансформатора 106. Он также обеспечивает высокий импеданс для частоты источника электропитания датчика, тем самым снижая затухание сигнала источника электропитания. Такой соединитель может быть реализован посредством различных вышеописанных способов.

Со ссылкой на Фиг. 2, будет описана работы системы 100 электропитания и доставки данных, устойчивой к замыканию на землю. В случае нормальной работы сигналы переменного тока и данных передаются только через один из проводников 108a или 108b. В некоторых вариантах реализации изобретения во время нормальной работы схема 138 обработки первоначально может случайным образом выбирать для изолирования первый проводник 108a или 108b, тогда как в других вариантах реализации изобретения выбирается проводник, через который протекает самый низкий ток. Тем не менее, в результате при нормальной работе только одна фаза подключается к источнику 114 электропитания переменного тока и модулю 124 данных датчиков. Если третий проводник 108c замкнут на землю, сигналы мощности переменного тока и данные продолжают передаваться по подключенному проводнику 108a,b. Однако, если на первом или втором проводнике 108a,b обнаружено замыкание на землю, ток на заземленном детекторе будет иметь пиковое значение. Схема 138 обработки обнаруживает пиковое значение тока на переключателе 120 в положении (a) или пиковое значение тока на переключателе 120 в положении (b) и изолирует заземленный проводник 108a или 108b, соответственно, с использованием одного из вышеописанных способов обнаружения.

В течение состояния замыкания на землю по-прежнему наблюдается некоторое затухание сигналов электропитания и данных. Это происходит потому, что даже в случае замыкания на землю проводника 108c, например, существует путь для протекания тока от 108a или 108b на землю на 108c через трансформатор 106 или электродвигатель

19. Таким образом, в некоторых иллюстративных вариантах реализации изобретения частоты сигналов мощности и данных выбираются таким образом, чтобы импеданс трансформатора 106 и электродвигателя 19 на этих частотах имел более высокое значение.

5 В течение состояния замыкания на землю проводник 108a или 108b, который остается подключенным к источнику 114 электропитания переменного тока и модулю 124 данных датчиков, продолжает передавать сигналы мощности переменного тока и данные по  
10 подключенному проводнику 108a или 108b. В примере, проиллюстрированном на Фиг. 2, первый проводник 108a является заземленным проводником. В результате  
15 посредством схемы 138 обработки был изолирован первый проводник 108a путем установки переключателя 120 в положение (b) для обеспечения связи вдоль второго проводника 108b. Таким образом, сигналы мощности переменного тока и данных могут  
20 распространяться вдоль второго проводника 108b через соединение 110 типа «звезда» и к модулю 112 скважинного датчика. В данном случае мощность переменного тока  
15 подается на соединитель 132 для источника электропитания, который отфильтровывает мощность низкой частоты от скважинного электродвигателя 19, обусловленную  
заземлением второго проводника 108b. Мощность переменного тока подается на модуль 134 преобразования мощности, который обеспечивает подачу мощности переменного  
20 тока на модем 140 данных датчиков, а также датчики и измерительные преобразователи 142.

Модуль 134 преобразования мощности преобразует мощность переменного тока в  
требуемые уровни напряжения для скважинной схемы обработки (например, схемы  
обработки модема 140 данных датчиков). Датчики и измерительные преобразователи  
142 содержат преобразователи для измерения характеристик скважины, таких как  
25 давление всасывания, давление нагнетания и температура. Датчики и измерительные преобразователи 142 также содержат преобразователи для измерения характеристик  
скважинного электродвигателя 19, таких как температура обмотки и ускорения в  
горизонтальном и вертикальном направлениях. Сигналы данных (например, данные  
измерений датчика) передаются для дальнейшей обработки от датчиков 142 и модема  
30 140 данных датчиков через соединитель 136, обратно через соединение 110 типа «звезда» и первый проводник 108a к модулю 124 данных датчиков. Модем 140 данных датчиков  
содержит: аналого-цифровой преобразователь (АЦП), соединенный с помощью  
интерфейса с датчиками и измерительными преобразователями 142 для преобразования  
результатов аналоговых измерений в цифровые значения; цифровой процессор сигналов  
35 (ЦПС), соединенный с АЦП, выполненный с возможностью обработки цифровых  
результатов измерений, полученных от АЦП; и аналоговый интерфейс, соединенный  
с ЦПС, который преобразует цифровые результаты измерения в аналоговые сигналы  
данных, передаваемые для дальнейшей обработки посредством соединителя 136, обратно  
40 через соединение 110 типа «звезда» и второй проводник 108b и модуль 124 данных датчиков.

Как упоминалось ранее, в некоторых вариантах реализации изобретения соединитель  
с настраиваемым импедансом 122 выполнен с возможностью предотвращения передачи  
сигналов данных (например, на основании частоты) к датчику 116 тока и источнику  
питания переменного тока. Соединитель с настраиваемым импедансом 122 также  
45 предотвращает подачу высокого напряжения от электродвигателя УПЦЭН на датчик  
116 тока и источник питания переменного тока 114, в то время как соединитель с  
настраиваемым импедансом 126 выполнен с возможностью прохождения сигналов  
данных в модуль 124 данных датчиков. Однако, при этом, соединитель с настраиваемым

импедансом 126 также предотвращает распространение сигналов мощности переменного тока и подачу высокого напряжения от электродвигателя 19 обратно в модуль 124 данных датчиков, как будет очевидно для специалистов в данной области техники, извлекающих пользу из данного изобретения.

5 В течение состояния замыкания на землю трехфазная мощность продолжает подаваться в скважинный электродвигатель 19 через кабель 30 для электропитания электродвигателя 19. Однако, в случае когда два из трех проводников 108a,b,c каким-либо образом оказываются замкнутыми на землю, скважинный электродвигатель 19  
10 выключается. Тем не менее, в случае пока проводник 108a или 108b остаются незаземленными, сигналы мощности переменного тока и данные продолжают передаваться. При этом, в случае когда проводники 108a,b являются заземленными проводниками, прекращается передача сигналов мощности переменного тока и сигналов данных через соединение 110 типа «звезда». Следовательно, в вариантах реализации данного изобретения используется преимущество этой функции отключения при  
15 проектировании скважинного электродвигателя с целью упрощения схемы системы 100, в которой только через первый и второй проводники 108a,b могут передаваться сигналы мощности переменного тока и данные. В результате получают более экономичную систему электропитания и доставки данных, поскольку для реализации схем питания и сигнализации требуется меньшее количество компонентов.

20 В случае, когда проводники 108a и 108b замкнуты на землю, схема 138 обработки устанавливает переключатель 120 в «положение изолирования» (i) для изолирования обоих проводников 108a и 108b для предотвращения любых повреждений источника электропитания переменного тока и схемы доставки данных. В некоторых вариантах реализации изобретения в случае замыкания двух проводников на землю может  
25 потребоваться некоторое время для выключения электродвигателя 19. В таких случаях, в течение времени переходного процесса до выключения электродвигателя 19 схема 138 обработки устанавливает переключатель 120 в положение (i).

Как и в других вариантах реализации изобретения, описанных в данной заявке, схема 138 обработки может посредством различных способов обнаруживать замыкания на  
30 землю на первом и втором проводниках 108a,b. В некоторых иллюстративных вариантах реализации изобретения, например, схема 138 обработки выполнена с возможностью обнаружения и переключения на основании сравнения токов, протекающих через первый и второй проводники 108a,b. В других вариантах реализации изобретения схема 138 обработки выполнена с возможностью определения того, какой проводник должен  
35 быть переключен, на основании сравнения токов, протекающих через первый и второй проводники 108a,b с заданным значением тока. Как и в других вариантах реализации изобретения, схема 138 обработки выполнена с возможностью обнаружения тока, на основании показаний датчика 116 тока. Высоковольтный переключатель 120 приводится в действие для последовательного подключения к обоим проводникам 108a,b. Оба  
40 значения тока записываются и затем сравниваются, как описано выше.

Во время нормальной работы системы 100 электропитания и доставки данных только один из проводников 108a или 108b используется для передачи сигналов мощности переменного тока и данных. На Фиг. 2 используется второй проводник 108b. Первоначально, до обнаружения замыкания на землю, схема 138 обработки может  
45 случайным образом выбирать проводник 108a или 108b для передачи сигналов мощности и данных; в качестве варианта может использоваться проводник с наименьшим уровнем тока. Тем не менее, как проиллюстрировано, после обнаружения замыкания на землю (в данном примере замыкание на землю обнаружено на первом проводнике 108a) схема

138 обработки посылает сигнал на переключатель 120 для переключения на второй проводник 108b. После этого сигналы мощности переменного тока и данные передаются по второму проводнику 108b, как описано выше. Одновременно с этим продолжается подача трехфазной мощности через силовой кабель 30 в скважинный электродвигатель 19. В случае, когда происходит замыкание двух из трех проводников 108a,b,c на землю, скважинный электродвигатель 19 выключается.

Частота сигнала напряжения, генерируемого источником 114 электропитания переменного тока, может быть выбрана такой, чтобы она была ортогональной одной или нескольким частотам доставки данных (то есть частотам, используемым для однонаправленной или двунаправленной доставки данных между модулем 112 скважинного датчика и модулем 124 данных датчика на поверхности). Выбор взаимно ортогональных частот уменьшает интерференцию частоты сигнала напряжения источника 114 электропитания переменного тока и его гармонических составляющих с частотой/частотами доставки данных. Кроме того, частота переключения привода 104 с регулируемой скоростью, который управляет работой скважинного электродвигателя 19, может быть выбрана таким образом, чтобы она была ортогональна частоте сигнала напряжения источника 114 электропитания переменного тока, а также частоте/частотам доставки данных. Данный подход уменьшает интерференцию частоты переключения и ее гармонических составляющих с частотой сигнала напряжения источника 114 электропитания переменного тока и частоты/частот доставки данных.

В одном или более вариантах реализации изобретения напряжение, частота и фаза источника 114 электропитания переменного тока могут управляться посредством команд программного обеспечения, исполняемых схемой 138 обработки, соединенной с помощью интерфейса с источником 114 электропитания переменного тока. Как будет описано более подробно ниже, уровень напряжения источника 114 электропитания переменного тока линейно возрастает (например, управляется схемой 138 обработки) до тех пор, пока не будет установлена связь с модулем 112 скважинного датчика через незаземленный проводник силового кабеля 30. Данный подход исключает использование заданного напряжения для каждой длины силового кабеля 30. Кроме того, в некоторых альтернативных вариантах реализации изобретения уровень напряжения источника 114 электропитания переменного тока, при котором устанавливается связь с модулем 112 скважинного датчика, может быть сохранен в энергонезависимой памяти схемы 138 обработки для более быстрого/оптимизированного перезапуска системы после выключения.

Уровень напряжения источника 114 электропитания переменного тока дополнительно линейно возрастает (например, управляется схемой 138 обработки) в случае, когда из-за замыкания на землю в одном из проводников 108a,b или другой ошибки (ошибок), связанной с системой, теряется связь с модулем 112 скважинного датчика через силовой кабель 30. В случае, когда уровень напряжения источника 114 электропитания переменного тока достиг порогового уровня (заданного), и связь с модулем 112 скважинного датчика все еще не установлена, источник 114 электропитания переменного тока переключается на подключение к незаземленной фазе (например, переключается с первого проводника 108a на второй проводник 108b, как проиллюстрировано на Фиг. 2, в случае, когда первый проводник 108a заземлен).

В случае, когда после замыкания на землю связь через силовой кабель 30 с модулем 112 скважинного датчика не будет установлена даже после переключения источника 114 электропитания переменного тока на другой проводник (фазу) и достижения

порогового уровня источником 114 электропитания переменного тока, после заданной процедуры повтора переключатель 120 устанавливается в положение (i), при этом оба, первый и второй проводники 108a,b изолируются от источника 114 электропитания переменного тока и модуля 124 данных датчиков. В одном варианте реализации изобретения заданная процедура повторной доставки данных для установления связи по первому проводнику 108a или второму проводнику 108b может быть основана на выполнении попыток автоматического восстановления заданное количество раз. После того как попытки автоматического восстановления не были успешными заданное количество раз, переключатель 120 устанавливается в положение (i) и может потребоваться вмешательство пользователя, чтобы попытаться установить связь по первому проводнику 108a или по второму проводнику 108b.

В некоторых вариантах реализации данного изобретения связь между поверхностью и скважиной (например, связь между источником 114 электропитания переменного тока и модулем 134 преобразования мощности модуля 112 скважинного датчика) может осуществляться на основании уровня напряжения в скважине (например, используемого уровня напряжения для питания модема 140 данных датчиков и датчиков 142). Связь между поверхностью и скважиной может осуществляться, например, путем регулировки напряжения на поверхности (например, уровень напряжения источника 114 электропитания переменного тока регулируется схемой 138 обработки), так чтобы был достигнут уровень напряжения в скважине (например, уровень напряжения, используемый для питания модема 140 данных датчиков и датчиков 142), соответствующий заданной требуемой конфигурации. В варианте реализации изобретения информация о заданной конфигурации может возвращаться обратно от модуля 112 скважинного датчика в схему 138 обработки, соединенную с источником 114 электропитания переменного тока. Таким образом, связью между поверхностью и скважиной (например, связь между источником 114 электропитания переменного тока и модулем 134 преобразования мощности модуля 112 скважинного датчика) можно управлять посредством команд программного обеспечения, исполняемых схемой 138 обработки. Следовательно, могут быть реализованы различные конфигурации системы на основе программного обеспечения.

В других вариантах реализации изобретения связь между поверхностью и скважиной (например, связь между источником 114 электропитания переменного тока и модулем 134 преобразования мощности модуля 112 скважинного датчика) также может осуществляться посредством изменения частоты напряжения источника 114 электропитания переменного тока. Частотой напряжения источника 114 электропитания переменного тока можно управлять посредством команд программного обеспечения, исполняемых схемой 138 обработки. В других вариантах реализации изобретения связь между поверхностью и скважиной может осуществляться посредством изменения фазы сигнала напряжения, генерируемого источником 114 электропитания переменного тока. Фазой сигнала напряжения, генерируемого блоком 114 электропитания переменного тока, можно управлять посредством команд программного обеспечения, исполняемых схемой 138 обработки.

В некоторых других вариантах реализации изобретения в скважине может использоваться устройство 144 накопления мощности (например, емкостная схема), соединенное с модулем 134 преобразования мощности для обеспечения повышения мощности в периоды максимального потребления мощности, связанные с модулем 112 скважинного датчика, причем периоды максимального потребления мощности, как правило, имеют небольшую длительность. Благодаря использованию устройства 144

накопления мощности, соединенного с модулем 134 преобразования мощности, источник 114 электропитания переменного тока на поверхности может подавать в скважину среднюю мощность вместо максимальной. Таким образом, устанавливается взаимосвязь между поверхностными и скважинными системами для передачи только средней мощности от источника 114 электропитания переменного тока на поверхности к расположенному в скважине модулю 134 преобразования мощности, тем самым снижая требования к мощности и размерам источника 114 электропитания переменного тока на поверхности.

На Фиг. 3 проиллюстрирована блок-схема процесса 300 настройки источника питания и переключения фазы, которая может быть реализована в системе электропитания и доставки данных, устойчивой к замыканию на землю, проиллюстрированной на Фиг. 2. В некоторых вариантах реализации изобретения процессом 300 можно управлять с помощью команд программного обеспечения, выполняемых схемой обработки 138 (например, микропроцессором, соединенным с энергонезависимой памятью). На этапе 302 принятия решения можно определить, существует ли в энергонезависимой памяти, соединенной со схемой обработки 138, оптимизированный на буровой площадке профиль выбора фазы скважинного электродвигателя и линейного возрастания мощности переменного тока. В случае, когда профиль в памяти существует, на этапе 304 может быть загружен сохраненный профиль линейного возрастания мощности переменного тока и выбора фазы скважинного электродвигателя из энергонезависимой памяти, чтобы на этапе 306 подключить источник 114 электропитания переменного тока к выбранной фазе. В случае, когда в энергонезависимой памяти не существует оптимизированный на буровой площадке профиль фазы скважинного электродвигателя и линейного возрастания мощности переменного тока, на этапе 308 можно использовать профиль линейного возрастания мощности переменного тока и выбора фазы скважинного электродвигателя по умолчанию.

На этапе 310 источник 114 электропитания переменного тока может поэтапно использовать профиль линейного возрастания мощности переменного тока (например, управляться посредством команд программного обеспечения, исполняемых схемой 138 обработки) до тех пор, пока не будет установлена связь между источником 114 электропитания переменного тока на поверхности и модулем 112 скважинного датчика или окончено постепенное линейное возрастание мощности переменного тока (например, определяемого на этапе 312 принятия решения). В случае, когда используют профиль линейного возрастания мощности переменного тока из энергонезависимой памяти (например, определенный на этапе 314 принятия решения), на этапе 316 схема обработки 138 продолжает увеличивать напряжение источника 114 электропитания переменного тока до тех пор, пока не будет достигнуто окончание постепенного линейного возрастания мощности переменного тока. В противном случае, когда не используют профиль линейного возрастания мощности переменного тока из энергонезависимой памяти (например, определенный на этапе 314 принятия решения), на этапе 318 схема обработки 138 может осуществлять поиск предпочтительного значения мощности переменного тока, которое обеспечит надежную связь между источником 114 электропитания переменного тока и модулем 112 скважинного датчика при минимально возможном потреблении мощности. На этапе 320 вновь обнаруженный профиль линейного возрастания мощности переменного тока и выбранная фаза, связанная с минимально возможным потреблением мощности, сохраняются в энергонезависимой памяти.

На этапе 322 схема обработки 138 контролирует надежность связи между

поверхностью и скважиной (например, связи между источником 114 электропитания переменного тока и модулем 134 преобразования мощности модуля 112 скважинного датчика) и пороговые значения источника электропитания переменного тока. В случае, когда уровень надежности связи между поверхностью и скважиной ниже заданных приемлемых критериев (например, определяемых на этапе 324 принятия решения), и в случае, когда мощность источника 114 электропитания переменного тока превышает пороговые значения (например, определенные на этапе 326), а также в случае, когда не достигнуто максимально допустимое количество попыток автоматического восстановления (например, определенное на этапе 328), тогда на этапе 330 модуль 112 скважинного датчика отключается от источника 114 электропитания переменного тока, и на этапе 332 источник 114 электропитания переменного тока переключается для соединения с другой фазой.

Для других вариантов реализации изобретения в случае, когда уровень надежности связи между поверхностью и скважиной ниже приемлемых критериев (например, определенных на этапе 324 принятия решения) и мощность источника 114 электропитания переменного тока не превышает пороговые значения (например, определенные на этапе 326), то на этапе 334 схема обработки 138 регулирует параметры настройки источника 114 электропитания переменного тока и на этапе 322 продолжает контролировать надежность связи между поверхностью и скважиной, а также пороговые значения источника электропитания переменного тока. В еще других вариантах реализации изобретения в случае, когда надежность связи между поверхностью и скважиной ниже приемлемых критериев (например, определенных на этапе 324 принятия решения), и в случае, когда показатель электропитания источника 114 электропитания переменного тока превышает пороговые значения (например, определенные на этапе 326), а также в случае, когда достигнуто максимально допустимое количество попыток автоматического восстановления (например, определенное на этапе 328), тогда на этапе 336 требуется вмешательство пользователя для установления связи либо по проводнику 108a, либо по проводнику 108b. В этом случае, когда после выполнения заданной процедуры повторной доставки данных связь по первому и второму проводникам 108a,b не установлена, переключатель 120 устанавливается в положение (i), а первый и второй проводники 108a,b изолируются от источника 114 электропитания переменного тока и модуля 124 данных датчиков. В одном варианте реализации изобретения заданная процедура повторной доставки данных для установления связи по первому проводнику 108a или второму проводнику 108b может включать осуществление попыток автоматического восстановления максимально допустимое количество раз. После того как попытки автоматического восстановления не были успешными максимально допустимое количество раз, на этапе 336 переключатель 120 устанавливается в положение (i) и требуется вмешательство пользователя, чтобы попытаться установить связь по первому проводнику 108a или по второму проводнику 108b.

На Фиг. 4 проиллюстрирована структурная схема иллюстративной компьютерной системы 400, в которой могут быть реализованы варианты реализации данного изобретения, выполненные с возможностью управления операциями системы электропитания и доставки данных, устойчивой к замыканию на землю, проиллюстрированной на Фиг. 2. Например, способ процесса 300, проиллюстрированного на Фиг. 3, который описан выше, может быть реализован с использованием системы 400. Система 400 может быть компьютером, телефоном, персональным цифровым помощником (PDA), системой обработки (например, схемой 138 обработки системы электропитания и доставки данных, устойчивой к замыканию

на землю, проиллюстрированной на Фиг. 2) или электронным устройством любого другого типа. Такое электронное устройство включает различные типы машиночитаемых носителей и интерфейсы для различных других типов машиночитаемых носителей. Как проиллюстрировано на Фиг. 4, система 400 содержит энергонезависимое запоминающее устройство 402, системную (энергонезависимую) память 404, интерфейс 406 устройства вывода, системную шину 408 связи, постоянное запоминающее устройство (ПЗУ) 410, блок(и) обработки 412 данных, интерфейс 414 устройства ввода и сетевой интерфейс 416.

Шина 408 совместно представляет собой все системные, периферийные шины, а также шины наборов микросхем, которые соединяют с возможностью связи многочисленные внутренние устройства системы 400. Например, шина 408 соединяет с возможностью связи блок(и) обработки 412 данных с ПЗУ 410, системной памятью 404 и энергонезависимым запоминающим устройством 402.

Из этих различных блоков памяти блок(и) обработки 412 данных извлекает(ют) команды для выполнения и данные для обработки, чтобы выполнять способы для реализации объекта изобретения. Блок(и) обработки информации может (могут) быть одиночным процессором или многоядерным процессором в разных вариантах реализации изобретения.

ПЗУ 410 сохраняет статические данные и команды, которые необходимы для блока (ов) обработки 412 данных и других модулей системы 400. С другой стороны, энергонезависимое запоминающее устройство 402 представляет собой запоминающее устройство для чтения и записи. Данное устройство представляет собой блок энергонезависимой памяти, в котором сохраняются команды и данные даже на случай, когда система 400 отключена. В некоторых вариантах реализация объекта изобретения в качестве энергонезависимого запоминающего устройства 402 используется запоминающее устройство большой емкости (такое как магнитный или оптический диск и соответствующий ему дисковый накопитель).

В других вариантах реализации изобретения в качестве энергонезависимого запоминающего устройства 402 используется съемное запоминающее устройство (такое как гибкий диск, флеш-накопитель и соответствующий ему дисковый накопитель). Подобно энергонезависимому запоминающему устройству 402, системная память 404 является запоминающим устройством для чтения и записи. Тем не менее, в отличие от запоминающего устройства 402, системная память 404 является энергозависимой памятью для чтения и записи, например оперативной памятью. Системная память 404 сохраняет некоторые команды и данные, необходимые процессору во время выполнения. В некоторых вариантах реализации изобретения способы раскрытия предмета изобретения хранятся в системной памяти 404, энергонезависимом запоминающем устройстве 402 и/или ПЗУ 410. Например, различные блоки памяти содержат команды для управления операциями систем электропитания и доставки данных, устойчивых к замыканию на землю, проиллюстрированных на Фиг. 2. Из этих различных блоков памяти блок(и) обработки 412 данных извлекает(ют) команды для выполнения и данные для обработки, чтобы выполнять способы по некоторым вариантам реализации изобретения.

Шина 408 также подключается к интерфейсам 414 и 406 устройства ввода и вывода. Интерфейс 414 устройства ввода позволяет пользователю передавать информацию и выбирать команды для системы 400. Устройства ввода, используемые с интерфейсом 414 устройства ввода, включают, например, буквенно-цифровые клавиатуры, клавиатуры QWERTY (стандартные) или клавиатуры с вводом текста по алгоритму T9, микрофоны



и указывающие устройства (также называемые «устройствами управления курсором»). Интерфейсы 406 устройства вывода позволяют, например, отображать изображения, сформированные системой 400. Устройства вывода, используемые с интерфейсом 406 устройства вывода, включают, например, принтеры и устройства отображения, такие как электронно-лучевые трубки (ЭЛТ) или жидкокристаллические дисплеи (ЖКД).  
5 Некоторые варианты реализации изобретения включают такие устройства, как сенсорный экран, который функционирует как устройство ввода, так и устройство вывода. Следует принимать во внимание, что варианты реализации согласно данному изобретению могут быть реализованы с использованием компьютера, содержащего  
10 любой из различных типов устройств ввода и вывода для обеспечения взаимодействия с пользователем. Такое взаимодействие может включать обратную связь с пользователем или от пользователя в виде сенсорной обратной связи различных видов, включая, но, не ограничиваясь ими, визуальную обратную связь, слуховую обратную связь или тактильную обратную связь. Кроме того, ввод пользователем может приниматься в  
15 любом виде, включая, но, не ограничиваясь этим, слуховой, речевой или тактильный ввод. Кроме того, взаимодействие с пользователем может включать в себя передачу и прием различных типов информации, например, в виде документов, направляемых пользователю и принимаемых от пользователя через вышеописанные интерфейсы.

К тому же, как проиллюстрировано на Фиг. 4, шина 408 также соединяет систему  
20 400 с сетью общего пользования или частной сетью (не проиллюстрирована) или комбинацией сетей через сетевой интерфейс 416. Такая сеть может включать, например, локальную вычислительную сеть (ЛВС), такую как Интранет, или глобальную вычислительную сеть (ГВС), такую как Интернет. Любой или все компоненты системы 400 могут использоваться в сочетании с объектом изобретения.

25 Данные функции, описанные выше, могут быть реализованы в цифровой электронной схеме, в компьютерном программном обеспечении, программно-аппаратном обеспечении или аппаратном обеспечении. Способы могут быть реализованы с использованием одного или более компьютерных программных продуктов. Программируемые процессоры и компьютеры могут быть включены или  
30 укомплектованы в виде мобильных устройств. Способы и логические потоки могут выполняться одним или более программируемыми процессорами и одной или большим количеством программируемых логических схем. Вычислительные устройства общего и специального назначения, а также устройства хранения информации могут быть связаны между собой посредством сетей связи.

35 Некоторые варианты реализации изобретения включают электронные компоненты, такие как микропроцессоры, запоминающие устройства и память, которые хранят команды для компьютерных программ на машиночитаемом носителе (альтернативно называемом пригодным для ввода в компьютер запоминающим носителем,  
40 машиночитаемым средством передачи данных или машиночитаемым запоминающим носителем). Некоторые примеры таких машиночитаемых носителей включают в себя ОЗУ, ПЗУ, компьютерные диски постоянной памяти (CD-ROM), записываемые компакт-диски (CD-R), перезаписываемые компакт-диски (CD-RW), цифровые универсальные диски только для чтения (например, DVD-ROM, двухслойный DVD-ROM), различные записываемые/перезаписываемые DVD (например, DVD-RAM, DVD-RW, DVD+RW и  
45 т. д.), флеш-память (например, карты памяти SD, карты мини-SD, карты микро-SD и т. д.), магнитные и/или твердотельные накопители, диски только для чтения и записываемые диски Blu-Ray®, ультра-плотностные оптические диски, любые другие оптические или магнитные носители и гибкие диски. Машиночитаемый носитель может

сохранять компьютерную программу, которую выполняет по меньшей мере один процессор и которая содержит наборы команд для выполнения различных операций. Примеры компьютерных программ или компьютерного кода включают машинный код, например, созданный компилятором, и файлы, которые включают код более высокого уровня и которые выполняются компьютером, электронным компонентом или микропроцессором с использованием преобразователя данных.

Хотя вышеприведенное описание в основном относится к микропроцессорам или многоядерным процессорам, которые выполняют программное обеспечение, некоторые варианты реализации изобретения выполняются одной или большим количеством интегральных схем, такими как специализированные интегральные схемы (ASIC) или программируемые пользователем матрицы логических элементов (FPGA). В некоторых вариантах реализации изобретения такие интегральные схемы выполняют команды, которые хранятся в самой схеме. Соответственно, операции, выполняемые системами электропитания и доставки данных, устойчивыми к замыканию на землю, проиллюстрированными на Фиг. 2, и способ процесса 300, проиллюстрированный на Фиг. 3, как описано выше, могут быть реализованы с использованием системы 400 или любой компьютерной системы, имеющей схему обработки, или компьютерного программного продукта, включающего хранящиеся в нем команды, которые при выполнении по меньшей мере одним процессором вызывают выполнение процессором функций, относящихся к этим способам.

Все используемые в данном описании и любых пунктах формулы данной заявки термины «компьютер», «сервер», «процессор» и «память» относятся к электронным или другим технологическим устройствам. Эти термины исключают людей или группы людей. Используемые в данной заявке термины «машиночитаемый носитель» и «машиночитаемый запоминающий носитель» относятся в основном к материальным, физическим и энергонезависимым электронным носителям данных, которые сохраняют информацию в виде, который считывается компьютером.

Варианты реализации объекта изобретения, приведенные в данном описании, могут быть реализованы в вычислительной системе, которая содержит внутренний компонент, например сервер данных, или которая содержит компонент промежуточного программного обеспечения, например сервер прикладных программ, или которая содержит компонент первичной обработки, например, клиентский компьютер, имеющий графический пользовательский интерфейс или веб-браузер, через который пользователь может взаимодействовать с вариантом реализации объекта изобретения, приведенным в этом описании, или с любой комбинацией одного или более таких внутренних компонентов, компонентов промежуточного программного обеспечения или компонентов первичной обработки. Компоненты системы могут быть связаны между собой любой формой или средой передачи цифровых данных, например, сетью связи. Примеры сетей связи включают в себя локальную вычислительную сеть (ЛВС), глобальную вычислительную сеть (ГВС), межсетевую сеть (например, Интернет) и одноранговые сети (например, специальные одноранговые сети).

Вычислительная система может включать в себя клиентов и серверы. Клиент и сервер в основном удалены друг от друга и обычно взаимодействуют через сеть связи. Связь между клиентом и сервером возникает в силу действия компьютерных программ, запущенных на соответствующих компьютерах и включающих связь между клиентом и сервером. В некоторых вариантах реализации изобретения сервер передает данные (например, веб-страницу) в клиентское устройство (например, с целью отображения данных и приема пользовательского ввода со стороны пользователя,

взаимодействующего с клиентским устройством). Данные, созданные на клиентском устройстве (например, результат взаимодействия с пользователем), могут быть получены сервером от клиентского устройства.

5 Понятно, что любой конкретный порядок или иерархия операций в описанных способах является иллюстрацией иллюстративных подходов. Исходя из конструктивных предпочтений, понятно, что конкретный порядок или иерархия операций в данных  
10 способах может быть изменен(а) или что будут выполняться все проиллюстрированные операции. Некоторые из операций могут выполняться одновременно. Например, при определенных обстоятельствах могут быть полезными многозадачность и параллельная  
15 обработка данных. Кроме того, разделение различных компонентов системы в описанных выше вариантах реализации изобретения не следует понимать как требующее такого разделения во всех вариантах реализации изобретения, а следует понимать, что описанные программные компоненты и системы в основном могут быть объединены вместе в одном программном продукте или укомплектованы в несколько программных  
20 продуктов.

Кроме того, иллюстративные способы, описанные в данной заявке, могут быть реализованы посредством системы, содержащей схему обработки или компьютерный программный продукт, содержащий команды, которые при выполнении по меньшей мере одним процессором вызывают выполнение процессором любого из описанных в  
25 данной заявке способов.

Была описана система электропитания и доставки данных, устойчивая к замыканию на землю, для скважинных датчиков, которая содержит: трехфазный источник электропитания, соединенный с силовым кабелем, который обеспечивает подачу электропитания на скважинный электродвигатель, расположенный вдоль ствола  
30 скважины, причем силовой кабель содержит первый, второй и третий проводники, по которым передаются сигналы мощности и данные; модуль скважинного датчика, соединенный со скважинным электродвигателем; источник электропитания переменного тока, соединенный только с первым и вторым проводниками, который обеспечивает подачу сигнала мощности в модуль скважинного датчика; и первый изолирующий  
35 модуль, соединенный с источником электропитания переменного тока, который обеспечивает избирательное изолирование одного из: первого или второго проводников, в ответ на замыкание на землю, возникающее вдоль первого или второго проводников, которые обеспечивают передачу сигнала мощности только по одному из: первого или второго проводников, причем частота сигнала мощности является ортогональной  
40 одной или большему количеству частот сигналов данных.

В любом из вышеприведенных вариантов реализации изобретения система электропитания и доставки данных, устойчивая к замыканию на землю, может содержать любой из следующих элементов отдельно или в сочетании друг с другом: компьютер, соединенный с помощью интерфейса с источником электропитания переменного тока,  
45 причем компьютер содержит машиночитаемый носитель данных, который содержит команды, хранящиеся на нем, которые при их выполнении компьютером вызывают выполнение компьютером множества функций, включая функции: управления по меньшей мере одним из: напряжением, частотой или фазой сигнала мощности, подаваемого источником электропитания переменного тока; линейного возрастания  
50 уровня напряжения источника электропитания переменного тока до тех пор, пока не будет установлена связь с модулем скважинного датчика; сохранения в памяти компьютера уровня напряжения источника электропитания переменного тока, при котором устанавливается данная связь; дальнейшего линейного возрастания уровня

напряжения источника электропитания переменного тока в случае, когда связь потеряна из-за замыкания на землю или ошибки, связанной с системой электропитания и доставки данных, устойчивой к замыканию на землю; активации первого изолирующего модуля для переключения источника электропитания переменного тока на незаземленный проводник из первого или второго проводников в случае, когда уровень напряжения источника электропитания переменного тока достигнет порогового значения, а надежность связи будет ниже заданного уровня; осуществления связи между источником электропитания переменного тока и модулем скважинного датчика, посредством регулировки уровня напряжения источника электропитания переменного тока таким образом, чтобы уровень напряжения, подаваемого на модуль скважинного датчика, корректировался для достижения заданного значения конфигурации, причем заданное значение конфигурации передается от модуля скважинного датчика к компьютеру, соединенному с помощью интерфейса с источником электропитания переменного тока; изменения частоты сигнала мощности от источника электропитания переменного тока для связи с модулем скважинного датчика и изменения фазы сигнала мощности от источника электропитания переменного тока для связи с модулем скважинного датчика; устройство накопления мощности, соединенное с помощью интерфейса с модулем скважинного датчика, выполненным с возможностью обеспечения линейного возрастания мощности во время пикового потребления мощности, связанного с модулем скважинного датчика, при этом первый изолирующий модуль содержит: датчик тока для измерения величины тока, подаваемого от источника электропитания переменного тока; переключатель, соединенный с первым проводником и со вторым проводником; схему обработки для обнаружения замыкания на землю на основании сравнения тока на переключателе или сравнения тока с заданным значением тока; модуль данных датчиков, соединенный с первым и вторым проводниками, который обеспечивает двустороннюю передачу сигналов данных от модуля скважинного датчика по первому или второму проводнику; второй изолирующий модуль, соединенный с модулем данных датчиков, который обеспечивает избирательное изолирование одного из: первого или второго проводника в ответ на замыкание на землю, что позволяет осуществлять передачу сигналов данных только по одному из: первому или второму проводнику;

частота переключения привода с регулируемой скоростью (ПРС), соединенного с трехфазным источником электропитания и силовым кабелем, является ортогональной частоте сигнала мощности и одной или большему количеству частот сигналов данных; связь между источником электропитания переменного тока и модулем скважинного датчика по одному из первого или второго проводников основана на изменении уровня напряжения, питающего модуль скважинного датчика; скважинный электродвигатель является погружным центробежным электронасосом.

Подобным образом, был описан способ подачи электропитания к скважинным датчикам, который в основном может включать: подачу трехфазного напряжения на скважинный электродвигатель, расположенный вдоль ствола скважины с использованием силового кабеля, содержащего первый, второй и третий проводники; передачу сигнала мощности переменного тока и сигналов данных в модуль скважинного датчика только по первому или второму проводникам; обнаружение замыкания на землю на первом или втором проводнике; выборочное изолирование первого или второго проводников на основании обнаруженного замыкания на землю, тем самым вызывая изолирование одного проводника и подключение другого проводника; и передачу сигнала мощности переменного тока и сигналов данных только по

подключенному проводнику, причем частота сигнала мощности переменного тока является ортогональной одной или большему количеству частот сигналов данных, а частота переключения привода с регулируемой скоростью, соединенного с трехфазным источником электропитания, генерирующим трехфазное напряжение, является ортогональной частоте сигнала мощности и одной или большему количеству частот сигналов данных.

В вышеприведенных вариантах реализации изобретения способ может включать в себя любую из следующих операций отдельно или в сочетании друг с другом: управление по меньшей мере одним из: напряжением, частотой или фазой сигнала мощности, подаваемого источником электропитания переменного тока; линейное возрастание уровня напряжения источника электропитания переменного тока до тех пор, пока не будет установлена связь с модулем скважинного датчика; сохранение уровня напряжения, при котором устанавливается связь; дальнейшее линейное возрастание уровня напряжения в случае, когда связь потеряна из-за замыкания на землю или ошибки, связанной с системой; переключение передачи сигнала мощности переменного тока на незаземленный проводник из первого или второго проводников в случае, когда уровень напряжения после линейного возрастания достигнет порогового значения, а надежность связи будет ниже заданного уровня; изолирование первого и второго проводников от сигнала мощности переменного тока и от сигналов данных в случае, когда не установлена связь по первому и второму проводникам после выполнения заданной процедуры повторной передачи данных, при этом заданная процедура повторной передачи данных включает в себя выполнение попыток автоматического восстановления для установления связи по первому и второму проводникам максимально допустимое количество раз; запрос вмешательства пользователя для установления связи по первому или второму проводнику в случае, когда попытки автоматического восстановления не были успешными заданное количество раз; осуществление связи с модулем скважинного датчика по первому или второму проводникам на основании уровня напряжения, питающего модуль скважинного датчика; причем осуществление связи с модулем скважинного датчика включает регулировку уровня напряжения, связанного с сигналом электропитания переменного тока таким образом, чтобы уровень напряжения, подаваемого на модуль скважинного датчика, корректировался для достижения заданного значения конфигурации; передачу заданного значения конфигурации от модуля скважинного датчика к схеме обработки, соединенной с помощью интерфейса с источником сигнала мощности переменного тока; изменение частоты сигнала мощности переменного тока для связи с модулем скважинного датчика; изменение фазы сигнала мощности переменного тока для связи с модулем скважинного датчика; обеспечение линейного возрастания мощности во время пикового потребления мощности, связанного с модулем скважинного датчика; управление переключателем, соединенным с источником сигнала мощности переменного тока, и с модулем данных датчиков, который обрабатывает сигналы данных для изолирования первого или второго проводника.

Используемый в данной заявке термин «определение» охватывает широкий спектр действий. Например, «определение» может включать в себя расчет, вычисление, обработку, получение, исследование, поиск (например, поиск в таблице, базе данных или другой структуре данных), установление и тому подобное. Кроме того, «определение» может включать в себя прием (например, прием информации), доступ (например, доступ к данным в памяти) и тому подобное. Кроме того, «определение» может включать в себя разрешение, отбор, выбор, установление и тому подобное.

Используемая в данной заявке фраза, относящаяся к «по меньшей мере одному из» перечня элементов, относится к любой комбинации этих элементов, включая отдельные элементы. Например, фраза «по меньшей мере одно из: a,b или c» предназначена для обозначения: a,b,c, a-b, a-c, b-c и a-b-c.

5 Использование систем электропитания и доставки данных в соответствии с данным изобретением обеспечивает ряд преимуществ. Во-первых, вместо обычного электропитания постоянного тока, используемого для питания скважинных датчиков, в данной заявке предусмотрен источник электропитания переменного тока, который работает даже в том случае, когда одна из фаз скважинного электродвигателя заземлена. 10 Таким образом, схема электропитания, представленная в данном раскрытии изобретения, является устойчивой к замыканию на землю. И, напротив, обычное электропитание постоянного тока не может достигать скважинного датчика в случае, когда в системе возникает замыкание на землю (например, кабель/электродвигатель). Во-вторых, компоненты электропитания переменного тока и доставки данных 15 подключают только к двум фазам, поэтому требуется меньше компонентов электропитания и сигнализации по сравнению с обычными конструкциями. В-третьих, в вариантах реализации данного изобретения используются частоты для источника электропитания переменного тока и электродвигателя, которые являются ортогональными частотам скважинных сигналов связи, имеющим наименьшую 20 интерференцию друг с другом. В-четвертых, варианты реализации данного изобретения позволяют осуществлять связь по нисходящей линии связи от поверхности вглубь скважины, контролируемой выполняемыми процессором командами программного обеспечения, которые могут использоваться для отправки команд с поверхности вглубь скважины. В-пятых, приведенная в данной заявке схема электропитания получает 25 характеристики системы по мере ее изменения и сохраняет полученную информацию в энергонезависимой памяти системы, которая может использоваться для обеспечения отрезков времени быстрой начальной загрузки и более оптимизированной работы. Кроме того, схема электропитания, представленная в данной заявке, определяет событие замыкания на землю и соответственно изменяет подаваемое ею электропитание. Когда 30 обнаруживается критическая ошибка замыкания на землю, система переключается на незаземленную фазу и бесперебойно возобновляет работу. Кроме того, системой электропитания, представленной в данной заявке, четко управляют команды программного обеспечения, выполняемые схемой обработки, которая может управлять напряжением, фазой и частотой источника электропитания переменного тока в режиме 35 реального времени и с высоким разрешением, что обеспечивает надежность системы.

В вышеприведенном описании ссылочные номера и/или буквы в различных примерах могут повторяться. Это повторение предназначено для простоты и ясности изложения и само по себе не определяет отношение между различными описанными вариантами реализации изобретения и/или конфигурациями. Кроме того, такие пространственные 40 относительные термины, как «под», «ниже», «нижний», «выше», «верхний» и т. п., могут использоваться в данной заявке для удобства описания с целью описания отношения одного элемента или признака к другому элементу (элементам) или признаку (признакам), как проиллюстрировано на графических материалах. Пространственные относительные термины предназначены для охвата различных ориентаций 45 используемого устройства или операции в дополнение к ориентации, проиллюстрированной на графических материалах. Например, если устройство, проиллюстрированное на графических материалах, перевернуто, элементы, описанные как находящиеся «ниже» или «под» другими элементами или признаками, будут затем

ориентированы «выше» других элементов или признаков. Таким образом, термин «ниже» может охватывать как ориентацию выше, так и ориентацию ниже какого-то объекта. Устройство может быть ориентировано иначе (повернуто на 90 градусов или в других ориентациях), и пространственные относительные описательные термины, используемые в данной заявке, можно также интерпретировать соответственно.

В то время как были проиллюстрированы и описаны различные варианты реализации изобретения и способы, описание не ограничивается такими вариантами реализации изобретения и способами, и будет подразумеваться, что оно включает в себя все модификации и варианты, которые были бы очевидны для специалиста в данной области техники. Следовательно, необходимо понимать, что описание не предназначено для ограничения конкретными описанными формами. Цель, скорее, состоит в том, чтобы охватить все модификации, эквиваленты и альтернативные варианты, находящиеся в пределах сущности и объема защиты данного изобретения, как определено в прилагаемой формуле изобретения.

#### (57) Формула изобретения

1. Система электропитания и доставки данных для скважинных датчиков, устойчивая к замыканию на землю, при этом система содержит:

трехфазный источник электропитания, соединенный с силовым кабелем, который обеспечивает подачу электропитания на скважинный электродвигатель, расположенный вдоль ствола скважины, причем силовой кабель содержит первый, второй и третий проводники, по которым передаются сигналы мощности и данные;

модуль скважинного датчика, соединенный со скважинным электродвигателем;

источник электропитания переменного тока, соединенный только с первым и вторым проводниками, который обеспечивает подачу сигнала мощности в модуль скважинного датчика; и

первый изолирующий модуль, соединенный с источником электропитания переменного тока, который обеспечивает избирательное изолирование первого или второго проводника в ответ на замыкание на землю, возникающее вдоль первого или второго проводника, тем самым обеспечивая передачу сигнала мощности только по первому или второму проводнику, причем частота сигнала мощности является ортогональной одной или большему количеству частот сигналов данных.

2. Система электропитания и доставки данных, устойчивая к замыканию на землю, по п. 1, дополнительно содержащая компьютер, сопряженный с источником электропитания переменного тока, причем компьютер содержит машиночитаемый носитель данных, содержащий команды, хранящиеся на нем, которые при их выполнении компьютером вызывают выполнение компьютером множества функций, включая функции:

управления по меньшей мере одним из следующего: напряжение, частота или фаза сигнала мощности, подаваемого источником электропитания переменного тока; или линейного возрастания уровня напряжения источника электропитания переменного тока до тех пор, пока не будет установлена связь с модулем скважинного датчика, и сохранения в памяти компьютера уровня напряжения источника электропитания переменного тока, при котором устанавливается связь.

3. Система электропитания и доставки данных, устойчивая к замыканию на землю, по п. 2, отличающаяся тем, что команды дополнительно выполняют функции:

дальнейшего увеличения уровня напряжения источника электропитания переменного тока в случае, когда связь потеряна из-за замыкания на землю или ошибки, связанной

с системой электропитания и доставки данных, устойчивой к замыканию на землю.

4. Система электропитания и доставки данных, устойчивая к замыканию на землю, по п. 3, отличающаяся тем, что команды дополнительно выполняют функции:

5 запуская первого изолирующего модуля для переключения источника электропитания переменного тока на незаземленный первый или второй проводник в случае достижения уровнем напряжения источника электропитания переменного тока порогового значения и падения надежности связи ниже заданного уровня.

5. Система электропитания и доставки данных, устойчивая к замыканию на землю, по п. 1, отличающаяся тем, что:

10 связь между источником электропитания переменного тока и модулем скважинного датчика по первому или второму проводнику основывается на уровне напряжения, посредством которого осуществляют питание модуля скважинного датчика; или частота переключения привода с регулируемой скоростью (ПРС), соединенного с трехфазным источником электропитания и силовым кабелем, является ортогональной частоте сигнала мощности и одной или большему количеству частот сигналов данных.

15 6. Система электропитания и доставки данных, устойчивая к замыканию на землю, по п. 5, дополнительно содержащая компьютер, сопряженный с источником электропитания переменного тока, причем компьютер содержит машиночитаемый носитель данных, содержащий команды, хранящиеся на нем, которые при их выполнении компьютером вызывают выполнение компьютером множества функций, включая функции:

25 осуществления связи между источником электропитания переменного тока и модулем скважинного датчика посредством регулировки уровня напряжения источника электропитания переменного тока таким образом, чтобы уровень напряжения, подаваемого на модуль скважинного датчика, корректировался для достижения заданного значения конфигурации.

30 7. Система электропитания и доставки данных, устойчивая к замыканию на землю, по п. 6, отличающаяся тем, что заданное значение конфигурации передается от модуля скважинного датчика к компьютеру, сопряженному с источником электропитания переменного тока.

35 8. Система электропитания и доставки данных, устойчивая к замыканию на землю, по п. 1, дополнительно содержащая компьютер, сопряженный с источником электропитания переменного тока, причем компьютер содержит машиночитаемый носитель данных, содержащий команды, хранящиеся на нем, которые при их выполнении компьютером вызывают выполнение компьютером множества функций, включая функции:

изменения частоты сигнала мощности от источника электропитания переменного тока для связи с модулем скважинного датчика; или изменения фазы сигнала мощности переменного тока для связи с модулем скважинного датчика.

40 9. Система электропитания и доставки данных, устойчивая к замыканию на землю, по п. 1, дополнительно содержащая:

устройство накопления энергии, сопряженное с модулем скважинного датчика, выполненным с возможностью обеспечения увеличения мощности во время ее пикового потребления, связанного с модулем скважинного датчика;

45 или модуль данных датчика, соединенный с первым и вторым проводниками, который обеспечивает вместе с модулем скважинного датчика двунаправленную передачу сигналов данных по первому или второму проводнику, и второй изолирующий модуль, соединенный с модулем данных датчика, который обеспечивает избирательное



изолирование первого или второго проводника в ответ на замыкание на землю, что позволяет осуществлять передачу сигналов данных только по первому или второму проводнику.

5 10. Система электропитания и доставки данных, устойчивая к замыканию на землю, по п. 1, отличающаяся тем, что:

первый изолирующий модуль содержит датчик тока для измерения величины тока, подаваемого от источника электропитания переменного тока, переключатель, соединенный с первым проводником и со вторым проводником, и схему обработки для обнаружения замыкания на землю, основанной на сравнении тока на переключателе  
10 или сравнении указанного тока с заданным значением тока; или

скважинный электродвигатель является погружным центробежным электронасосом.

11. Способ подачи электропитания к скважинным датчикам, включающий:

подачу трехфазного напряжения на скважинный электродвигатель, расположенный вдоль ствола скважины, с использованием силового кабеля, содержащего первый,  
15 второй и третий проводники;

передачу сигнала мощности переменного тока и сигналов данных в модуль скважинного датчика только по первому или второму проводнику;

обнаружение замыкания на землю на первом или втором проводнике;

20 выборочное изолирование первого или второго проводника на основании обнаруженного замыкания на землю, тем самым вызывая изолирование одного проводника и подключение другого проводника; и

передачу сигнала мощности переменного тока и сигналов данных только по подключенному проводнику, причем частота сигнала мощности переменного тока является ортогональной одной или большему количеству частот сигналов данных.

25 12. Способ по п. 11, отличающийся тем, что частота переключения привода с регулируемой скоростью, соединенного с трехфазным источником электропитания, генерирующим трехфазное напряжение, является ортогональной частоте сигнала мощности и одной или большему количеству частот сигналов данных.

13. Способ по п. 11, дополнительно включающий:

30 управление по меньшей мере одним из следующего: напряжение, частота или фаза сигнала мощности переменного тока; или

линейное возрастание уровня напряжения, связанного с сигналом мощности переменного тока, до тех пор, пока не будет установлена связь с модулем скважинного датчика, и сохранение уровня напряжения, при котором устанавливается связь.

35 14. Способ по п. 13, дополнительно включающий:

дальнейшее линейное возрастание уровня напряжения в случае, когда связь потеряна из-за замыкания на землю или по меньшей мере одной ошибки системы.

15. Способ по п. 14, дополнительно включающий:

40 переключение передачи сигнала мощности переменного тока на незаземленный первый или второй проводник в случае достижения уровнем напряжения порогового значения после линейного возрастания и падения надежности связи ниже заданного уровня; или

изолирование первого и второго проводников от сигнала мощности переменного тока и от сигналов данных в случае, когда связь не была установлена по первому и  
45 второму проводникам после заданной процедуры повторной передачи.

16. Способ по п. 15, отличающийся тем, что заданная процедура повторной доставки данных для установления связи по первому или второму проводнику включает выполнение попыток автоматического восстановления заданное число раз.

17. Способ по п. 16, дополнительно включающий: запрос вмешательства пользователя для установления связи по первому или второму проводнику в случае, когда попытки автоматического восстановления не были успешными заданное число раз.

18. Способ по п. 11, дополнительно включающий:

- 5        связь с модулем скважинного датчика по первому или второму проводнику на основании уровня напряжения, подаваемого на модуль скважинного датчика;  
      изменение частоты сигнала мощности переменного тока для связи с модулем скважинного датчика;  
      изменение фазы сигнала мощности переменного тока для связи с модулем  
10        скважинного датчика;  
      обеспечение увеличения мощности во время пикового потребления мощности, связанного с модулем скважинного датчика;  
      или управление переключателем, соединенным с источником сигнала мощности переменного тока и с модулем данных датчика, который обрабатывает сигналы данных,  
15        для изолирования первого или второго проводника.

19. Способ по п. 18, отличающийся тем, что связь с модулем скважинного датчика включает:

- регулировку уровня напряжения, связанного с сигналом мощности переменного тока, так, чтобы уровень напряжения, питающего модуль скважинного датчика,  
20        корректировался для достижения заданного значения конфигурации.

20. Способ по п. 19, дополнительно включающий:

      передачу заданного значения конфигурации от модуля скважинного датчика к схеме обработки, сопряженной с источником сигнала мощности переменного тока.

21. Система электропитания и доставки данных, устойчивая к замыканию на землю,  
25        содержащая:

      трехфазный источник электропитания, соединенный с силовым кабелем, содержащим первый, второй и третий проводники, по которым передаются сигналы мощности и данные;

      источник электропитания переменного тока, соединенный только с первым и вторым  
30        проводниками;

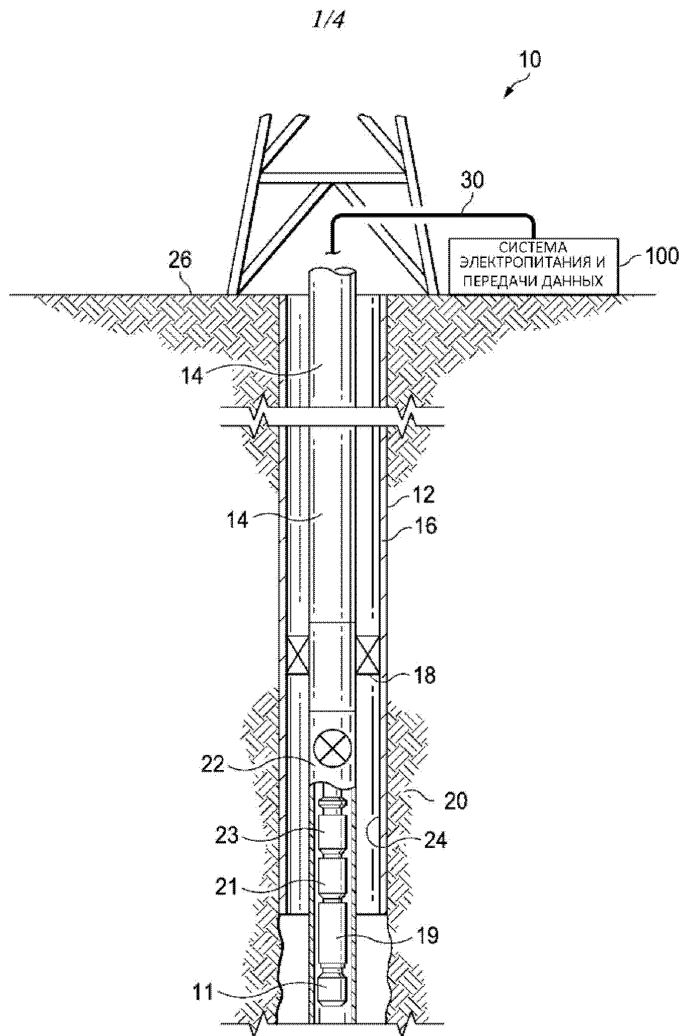
      изолирующий модуль, соединенный с источником электропитания переменного тока и выполненный с возможностью избирательного изолирования первого или второго проводника в ответ на замыкание на землю, возникающее вдоль первого или второго проводника,

35        причем изолирующий модуль содержит схему обработки в виде микропроцессора с энергонезависимой памятью, которая выполнена с возможностью осуществления способа по любому из пп. 11-20.

40

45

1



Фиг. 1

2

