

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **039628**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2022.02.18**

(21) Номер заявки  
**201991567**

(22) Дата подачи заявки  
**2016.12.30**

(51) Int. Cl. *E21B 41/02* (2006.01)  
*E21B 41/00* (2006.01)  
*E21B 47/12* (2012.01)

---

(54) **ВНУТРИСКВАЖИННЫЙ СБОР ЭНЕРГИИ**

---

(43) **2020.01.31**

(86) **PCT/GB2016/054093**

(87) **WO 2018/122543 2018.07.05**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**МЕТРОЛ ТЕКНОЛОДЖИ ЛТД (GB)**

(72) Изобретатель:  
**Росс Шон Комптон, Джарвис Лесли  
Дэвид, Хадсон Стивен Мартин (GB)**

(74) Представитель:  
**Хмара М.В., Липатова И.И.,  
Новоселова С.В., Осипов К.В.,  
Пантелеев А.С., Ильмер Е.Г. (RU)**

(56) US-A1-2014320301  
GB-A-2461065  
US-A1-2015252625  
US-B2-9091144  
US-A1-2002121366  
US-A1-2009078585  
US-A1-2014218208  
US-A1-2005285753

(57) Предложены внутрискважинный сбор электрической энергии и осуществление связи в системах, предназначенные для скважинных установок, имеющих металлическую конструкцию, обеспечивающую возможность протекания в ней электрического тока, например тока катодной защиты. В некоторых вариантах имеется модуль (4) сбора, электрически соединенный с металлической конструкцией (2) на первом участке и со вторым участком, отстоящим от первого участка, при этом первый и второй участки выбраны так, чтобы при использовании между ними присутствовала разность потенциалов вследствие протекания в конструкции (2) электрического тока; при этом модуль (4) сбора выполнен с возможностью сбора электрической энергии от указанного электрического тока. В дополнение или в качестве альтернативы может присутствовать связной аппарат (4, 5, 6) для осуществления связи посредством модуляции указанного тока, например тока катодной защиты, в металлической конструкции (2).

**B1**

**039628**

**039628  
B1**

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

Изобретение относится к внутрискважинному сбору энергии. В частности, оно относится к способам и системам подачи мощности внутрискважинному устройству в скважинной установке, имеющей металлическую конструкцию, обеспеченную катодной защитой. Настоящее изобретение также относится к способам и системам, использующим способы и системы сбора энергии, а также к аппарату для использования в таких способах и системах.

### **Сведения о предшествующем уровне техники**

Существует общее стремление к обеспечению возможности извлечения данных из нефтяных и/или газовых скважин, а также из устройств управления, расположенных в нефтяных и/или газовых скважинах, таких как клапаны -например, подземные предохранительные клапаны.

Однако подача мощности таким внутрискважинным устройствам представляет определенные сложности. В некоторых обстоятельствах мощность может подаваться непосредственно с поверхности через кабель, или мощность может подаваться устройствам непосредственно с поверхности гидравлическим способом. При этом в других обстоятельствах такие способы подачи мощности неприменимы. В некоторых обстоятельствах решением может стать использование батарей. Однако такое решение само по себе представляет сложность, в особенности во внутрискважинных условиях, в которых довольно высокие температуры имеют тенденцию сокращать срок службы батарей.

### **Сущность изобретения**

Таким образом, есть необходимость в альтернативных источниках питания для внутрискважинных устройств, которые могли бы использоваться в обстоятельствах, когда подача мощности непосредственно с поверхности посредством кабеля или гидравлически затруднена, невозможна или нежелательна, которые при этом преодолевали бы ограничения, с которыми сталкиваются в случаях, когда полагаются на подачу мощности батареями. Также необходимо обеспечить альтернативные способы связи между различными участками внутри скважины, а также с участками другой скважины и/или участками на поверхности.

В настоящем описании термин "поверхность" относится к поверхности земли в случае материковой скважины, где расположено устье скважины; морскому дну/уровню дна в случае подводной скважины; и площадке устья скважины на платформе. Когда это уместно, термин также относится к участкам, расположенным выше указанных участков. В целом, термин "поверхность" используется для обозначения любого подходящего участка, к примеру, для подачи и/или принятия мощности/сигналов, который находится снаружи ствола скважины.

Согласно первому аспекту настоящего изобретения предложена внутрискважинная система сбора электрической энергии для сбора электрической энергии в скважинной установке, имеющей металлическую конструкцию, несущую электрический ток, при этом указанная система содержит модуль сбора, электрически соединенный с металлической конструкцией на первом участке и со вторым участком, отстоящим от первого участка, при этом первый и второй участок выбраны таким образом, чтобы при использовании между ними присутствовала разность потенциалов вследствие электрического тока, текущего по конструкции; при этом модуль сбора выполнен с возможностью сбора электрической энергии от указанного электрического тока.

Скважинная установка может быть установкой с катодной защитой, тогда электрический ток является током катодной защиты. Хотя представленные здесь решения могут использоваться в системе, где для подачи мощности ток специально подается к внутрискважинной конструкции, было обнаружено, что мощность можно собирать и от систем катодной защиты. При этом сбор мощности от уже имеющихся токов является особенно предпочтительным.

В общем случае второй участок будет внутрискважинным участком.

В некоторых случаях соединение со вторым участком может быть соединением с породой посредством электрода. Более типичным случаем, однако, будет случай, в котором модуль сбора будет соединяться с металлической конструкцией на первом и втором отстоящих участках.

Такие системы и способы обладают определенными преимуществами, так как подача мощности внутрискважинному устройству может обеспечиваться в отсутствие необходимости в отдельном источнике питания. Более того, подача мощности может обеспечиваться, не полагаясь на локальные батареи, которые зачастую будут иметь ограниченный срок службы. Она также может обеспечиваться в отсутствие необходимости в кабеле, проходящем через устье скважины. Аналогично, предложенные решения могут быть реализованы без использования тороидов для введения и извлечения сигналов. Это снижает сложность и технические проблемы, которые могут возникнуть при реализации системы.

Модуль сбора может быть выполнен с возможностью сбора электрической энергии от постоянных токов.

Предпочтительно, чтобы протекание тока на отрезках металлической конструкции в областях между первым участком и вторым участком происходило в одном и том же продольном направлении.

Предпочтительно, чтобы между первым участком и вторым участком обеспечивалась непрерывная траектория протекания тока, которая бы, по меньшей мере, частично проходила по металлической конструкции.

В данном описании представлены элементы, которые в общем случае будут присутствовать в установке, если только ее конструкция не модифицирована. Представленные здесь идеи в общем случае не требуют модифицирования стандартной скважинной установки целиком, то есть они ориентированы на работу со стандартной установкой.

Модуль сбора может быть электрически соединен с металлической конструкцией на втором участке.

Единственное или каждое соединение с металлической конструкцией может быть образовано с секцией металлических удлиненных элементов/секцией металлической трубы.

В нескольких вариантах осуществления отстоящие участки могут отстоять по оси. Соединения могут быть образованы с общей секцией металлических удлиненных элементов, например, общей секцией металлической трубы, которая является частью металлической конструкции. Самый верхний из двух отстоящих участков может располагаться в непосредственной близости от места расположения подвешенного устройства хвостовика, предусмотренного в скважине. Зачастую такой вариант будет соответствовать наиболее практичному расположению самого верхнего участка. В некоторых случаях верхнее соединение может быть образовано с райзером.

Оба соединения, к примеру, могут быть образованы с эксплуатационной колонной, предусмотренной в скважине, или оба соединения могут быть образованы с первой секцией обсадной трубы, отделенной от эксплуатационной колонны первым затрубным пространством А, или оба соединения могут быть образованы со второй секцией обсадной трубы, отделенной от первой секции обсадной трубы вторым затрубным пространством В, и т.д.

В других случаях отстоящие по оси соединения могут быть образованы с разными секциями металлических удлиненных элементов, например, с различными секциями металлической трубы, что будет приводить к аналогичным результатам, но в целом более подходящим решением является создание соединений с одной и той же секцией металлических удлиненных элементов/металлической трубы в случае, если нет причин для использования других решений.

Там, где отстоящие участки отстоят по оси, и необходимо присутствие между ними разности потенциалов, расстояние между участками предпочтительно должно быть значительным - обычно 100 м и более. Предпочтительно от 300 до 500 м.

Электрическое соединение с металлической конструкцией на первом участке может быть гальваническим соединением.

Электрическое соединение с металлической конструкцией на втором участке может быть гальваническим соединением.

Модуль сбора может быть расположен в одном или нескольких внешних по отношению к скважине удлиненных элементах, внутри затрубного пространства скважины, и внутри внутреннего ствола скважины.

Соединение по меньшей мере с одним из участков, первым или вторым, может быть обеспечено посредством кабеля, проходящего вдоль металлической конструкции.

Если второй отстоящий контакт образован по меньшей мере с одной секцией металлических удлиненных элементов, предпочтительно, чтобы электрический ток, текущий по указанной по меньшей мере одной секции металлических удлиненных элементов, на которой образован первый контакт, двигался по тому же продольному направлению, что и электрический ток, текущий по меньшей мере по одной секции металлических удлиненных элементов, на которой образован второй контакт.

Если первый отстоящий контакт и второй отстоящий контакт, оба образованы с одной и той же секцией металлических удлиненных элементов, предпочтительно, чтобы указанная секция металлических удлиненных элементов была непрерывно проводимой между указанными первым и вторым участком.

По меньшей мере одно соединение между по меньшей мере одним из электрических контактов и модулем сбора может быть обеспечено изолированным кабелем.

Кабель может быть выбран имеющим проводник с относительно большой площадью поперечного сечения. При выборе кабеля целью является выбор площади поперечного сечения, которая является достаточно большой для того, чтобы обеспечить необходимый уровень сбора - такой, которая обеспечит достаточно низкое сопротивление в кабеле.

Предпочтительно, чтобы изолированный кабель имел проводящую площадь равную по меньшей мере  $10 \text{ мм}^2$ , предпочтительно по меньшей мере  $20 \text{ мм}^2$ , более предпочтительно по меньшей мере  $80 \text{ мм}^2$ .

Кабелем может быть помещенный в колонну проводник.

Одно из соединений может быть образовано в отсутствие внешнего кабеля. Одно из соединений может быть образовано посредством проводящего корпуса модуля сбора (или окружающего модуль сбора).

Обычно существует некое оптимальное значение для расстояния между соединениями. Чем больше расстояние, тем больше изменение в потенциале между участками контактов, но при этом тем больше сопротивление кабеля. Представленный здесь способ может содержать этап определения оптимального расстояния между отстоящими участками. Это расстояние может определяться моделированием для

конкретной установки.

Расстояние между участками может составлять по меньшей мере 100 м.

В других вариантах осуществления отстоящие участки могут отстоять радиально. Первое из соединений может быть образовано с первой секцией металлических удлиненных элементов, например, первой секцией металлической трубы, которая является частью металлической конструкции, а второе из соединений может быть образовано со второй, другой, секцией металлических удлиненных элементов, например, со второй, другой, секцией металлической трубы, которая является частью металлической конструкции. Поэтому соединение может пересекать затрубное пространство, образованное двумя секциями металлической трубы.

Например, одно соединение может быть образовано с эксплуатационной колонной, предусмотренной в скважине, а одно - с первой секцией обсадной трубы, отделенной от эксплуатационной колонны первым затрубным пространством А, или одно соединение может быть образовано с первой секцией обсадной трубы, предусмотренной в скважине, а одно - со второй секцией обсадной трубы, отделенной вторым затрубным пространством В от первой секции обсадной трубы, и т.д.

В некоторых случаях отстоящие участки могут отстоять как по оси, так и радиально.

Соединения могут быть образованы с общей секцией металлических удлиненных элементов, являющейся частью металлической конструкции.

В некоторых вариантах осуществления первое из соединений образовано с первой секцией металлических удлиненных элементов, являющейся частью металлической конструкции, а второе из соединений образовано со второй, другой, секцией металлических удлиненных элементов, являющейся частью металлической конструкции.

Для электрической изоляции первой секции металлических удлиненных элементов от второй секции металлических удлиненных элементов в области соединений могут быть предусмотрены средства изоляции.

Средства изоляции могут быть предусмотрены для электрической изоляции первой секции удлиненных элементов/металлической трубы от второй секции удлиненных элементов/металлической трубы в области по меньшей мере одного из соединений. Это может помочь гарантировать присутствие разности потенциалов между секциями удлиненных элементов/металлической трубы на участках, где образованы соединения. Это обеспечивается за счет отличающихся траекторий, ведущих к земле, от каждой секции элементов/трубы.

Следует отметить, что в описанных здесь решениях токи, от которых производят сбор энергии, будут в целом течь в одном и том же направлении на первой и второй секциях металлических удлиненных элементов/трубы. Поэтому изоляция предусмотрена не для образования отдельной траектории замыкания, а скорее для изменения траектории, ведущей к земле, для одной из секций относительно другой.

Средства изоляции могут содержать изолирующий слой или покрытие, предусмотренные по меньшей мере на одной из секций удлиненных элементов/металлической трубы. Средства изоляции могут содержать по меньшей мере один изолирующий центратор для удержания секций удлиненных элементов/металлической трубы на расстоянии друг от друга.

Средства изоляции могут быть предусмотрены в целях недопущения электрического контакта между двумя секциями удлиненных элементов/металлической трубы на расстоянии равном по меньшей мере 100 м, предпочтительно 300 м.

По меньшей мере одно из соединений может находиться в изолированной области. Оба соединения могут находиться в изолированной области. По меньшей мере одно из соединений может находиться около центральной точки изолированной области. Расположение по меньшей мере одного из соединений может быть определено моделированием конкретной установки для определения оптимального расположения, которое потом выбирается.

Модуль сбора может быть предусмотрен в стволе центральной секции колонны, в затрубном пространстве или снаружи обсадной трубы - между обсадной трубой и породой. Так, среди прочих возможных расположений, модуль сбора может быть предусмотрен в затрубном пространстве А, затрубном пространстве В, затрубном пространстве С, затрубном пространстве D, или любых других затрубных пространствах.

За счет этого предоставляется возможность подачи мощности на участки, на которые обычно невозможно и/или нежелательно проводить кабели с поверхности, что особенно полезно в случае подводных скважин. Кроме того, такая возможность предоставляется в отсутствие необходимости использования первичных батарей, или других локальных источников питания, а значит, обеспечивается возможность подачи мощности к таким участкам на протяжении всей "жизни" скважины.

Модуль сбора может содержать средства переменного импеданса для варьирования нагрузки между двумя соединениями. Средства переменного импеданса могут управляться микропроцессором.

Средства переменного импеданса могут использоваться для варьирования нагрузки с целью оптимизации сбора энергии.

Средства переменного импеданса могут использоваться для модуляции нагрузки с целью передачи данных от модуля сбора в направлении поверхности.

Для передачи данных из внутреннего пространства скважины в направлении поверхности могут быть предусмотрены внутрискважинные средства связи. Внутрискважинные средства связи могут также быть выполнены с возможностью получения данных, например, с поверхности.

Модуль сбора может содержать внутрискважинные средства связи. В других случаях внутрискважинные средства связи могут быть расположены отдельно. Внутрискважинное устройство, питаемое модулем сбора, может содержать внутрискважинные средства связи.

Внутрискважинные средства связи могут содержать средства переменного импеданса.

Верхние средства связи могут быть предусмотрены на участке выхода ствола скважины, и включать в себя детектор для детектирования изменений тока, например, тока катодной защиты, текущего по металлической конструкции, для обеспечения возможности извлечения данных, закодированных модуляцией нагрузки в модуле сбора. Например, детектор может быть выполнен с возможностью детектирования потенциала металлической конструкции относительно опорного значения, или детектирования падения потенциала на конструкции; или тока от источника питания, используемого для подачи наложенного тока катодной защиты на металлическую конструкцию.

В других вариантах осуществления вместо осуществления связи с поверхностью за счет модуляции нагрузки могут использоваться другие виды связи. Например, может использоваться подача акустического и/или электромагнитного сигнала. Модуляция нагрузки - это один из примеров подачи электромагнитного сигнала, но могут использоваться и другие, более прямые, способы подачи электромагнитного сигнала.

Внутрискважинные средства связи могут быть выполнены с возможностью подачи несущих данные акустических сигналов к металлической конструкции, при этом верхние средства связи могут быть выполнены с возможностью приема несущих данные акустических сигналов.

Внутрискважинные средства связи могут быть выполнены с возможностью подачи несущих данные электромагнитных сигналов к металлической конструкции, при этом верхние средства связи могут быть выполнены с возможностью приема несущих данные электромагнитных сигналов.

Верхние средства связи могут быть выполнены с возможностью подачи несущих данные акустических и/или электромагнитных сигналов к металлической конструкции, при этом внутрискважинные средства связи могут быть выполнены с возможностью приема несущих данные акустических и/или электромагнитных сигналов.

В некоторых случаях верхние средства связи и внутрискважинные средства связи могут быть выполнены с возможностью осуществления связи с использованием сигналов обоих типов: акустических и электромагнитных сигналов. Это создает полезную избыточность, заключающуюся в том, что в случае выхода из строя одного канала связи другой канал связи будет продолжать функционировать.

Модуль сбора может быть размещен в заданном положении внутри скважины для сбора мощности, при этом для подачи электрической мощности ниже, внутрь скважины, к внутрискважинному устройству может быть предусмотрен кабель. Площадь поперечного сечения кабеля, используемого для подачи электрической мощности ниже, внутрь скважины, обычно будет меньше поперечного сечения любого кабеля, используемого для сбора этой мощности, при этом мощность обычно будет подаваться ниже, внутрь скважины, при большем напряжении, чем напряжение, создаваемое между отстоящими контактами током, текущим по металлической конструкции, например, токами катодной защиты.

В некоторых вариантах осуществления ток, текущий по удлиненным элементам, подается с поверхности скважины.

В некоторых вариантах осуществления ток, текущий по удлиненному элементу, подается от одного или нескольких жертвенных анодов.

В некоторых вариантах осуществления ток, текущий по удлиненным элементам, является наложенным током от внешнего источника питания.

В некоторых вариантах осуществления напряжение поверхности скважины, при использовании, ограничивается диапазоном от -0,7 до -2 В относительно опорной ячейки из серебра/хлорида серебра.

Предпочтительно, чтобы разность потенциалов между отстоящими контактами была менее 1 В, предпочтительно менее 0,5 В, более предпочтительно менее 0,1 В.

Опционально, сопротивление скважинной конструкции между контактами не превышает 0,1 Ом, предпочтительно не превышает 0,01 Ом.

Оптимальный участок для сбора мощности обычно будет располагаться поблизости от участка, на котором токи, например, токи катодной защиты накладываются на металлическую конструкцию.

Там, где отстоящие участки отстоят по оси, предпочтительным является расположение верхнего участка в непосредственной близости к участку, на котором токи, например токи катодной защиты, накладываются на металлическую конструкцию. Следует отметить, что в случае платформенной конструкции ток, например токи катодной защиты, может поступать к внутрискважинной металлической конструкции через гальваническое соединение с платформенной конструкцией. В некоторых случаях предложенные здесь решения могут включать в себя управление расположением этого соединения.

Зачастую оптимальный участок для сбора мощности будет расположен вблизи устья скважины, где наблюдается наибольшая скорость изменения потенциала по мере продвижения внутрь скважины. С

другой стороны, внутрискважинное устройство, которому подается мощность, может располагаться ниже, внутри скважины. Поэтому модуль сбора и внутрискважинное устройство могут находиться на разных участках, в частности, на разных глубинах в скважине.

В других случаях модуль сбора и внутрискважинное устройство могут располагаться вместе. Такая система может содержать внутрискважинный блок, включающий в себя модуль сбора и внутрискважинное устройство.

Верхний отстоящий контакт может находиться

в пределах 100 м, предпочтительно в пределах 50 м, от поверхности земли, если скважина является материковой скважиной, и

в пределах 100 м, предпочтительно в пределах 50 м, от уровня дна, если скважина является подводной скважиной.

Верхний отстоящий контакт может находиться в непосредственной близости к участку, соответствующему потенциалу максимальной величины, вызванному электрическим током, текущим по конструкции.

Система может также содержать внутрискважинные средства связи для передачи и/или приема данных.

Внутрискважинные средства связи могут быть выполнены с возможностью передачи данных за счет варьирования нагрузки между соединениями на отстоящих участках.

В соответствии с другим аспектом настоящего изобретения предложена система управления внутрискважинным устройством, содержащая внутрискважинную систему сбора электрической энергии, раскрытую выше, и внутрискважинное устройство, при этом модуль сбора электрически соединен с внутрискважинным устройством и выполнен с возможностью подачи мощности внутрискважинному устройству.

Внутрискважинное устройство может содержать внутрискважинный сенсор, к примеру сенсор давления и/или температуры. Сенсор может быть установлен, например, в затрубном пространстве А, В, С или D.

Сенсор, размещенный в одном затрубном пространстве или стволе скважины, может быть выполнен с возможностью осуществления мониторинга некоторого параметра в расположенном поблизости затрубном пространстве или стволе скважины помимо осуществления мониторинга в затрубном пространстве или стволе скважины, в котором он расположен, или вместо того чтобы, осуществлять мониторинг в затрубном пространстве или стволе, в котором он расположен. Для обеспечения возможности измерения параметров в расположенном поблизости затрубном пространстве или стволе скважины может быть предусмотрен порт, проходящий через секцию металлической конструкции.

Сенсор может быть предусмотрен для детектирования протечек в зацементированном затрубном пространстве.

Сенсор может включать в себя набор сенсоров.

Внутрискважинное устройство может содержать по меньшей мере один из указанных элементов:

внутрискважинный сенсор;

внутрискважинный исполнительный механизм;

затрубное устройство герметизации, например пакер или пакерный элемент; клапан;

внутрискважинный модуль связи, например приемопередатчик или повторитель.

Модуль связи может содержать внутрискважинный связной повторитель. Им может быть повторитель для акустической связи, или электромагнитной связи, в том числе для беспроводной электромагнитной связи и кабельной электромагнитной связи, или для гибридной системы связи. Например, повторитель может принимать акустические сигналы с участков, расположенных ниже внутри скважины, и сигналы в направлении поверхности, используя электромагнитную связь, или наоборот. Аналогичным образом, оба типа связи, акустическая и электромагнитная связь, могут использоваться в одном или обоих направлениях. Подача электромагнитных сигналов может быть осуществлена подачей электрических сигналов внутрь скважины или модуляцией нагрузки в модуле сбора, как было описано выше. Подача электромагнитных сигналов может осуществляться по меньшей мере частично посредством кабелей, как было описано выше.

Если внутрискважинное устройство является повторителем или приемопередатчиком, система может быть заранее установлена в конструкцию скважины для создания скважины, "готовой к беспроводному соединению" (англ. wireless ready). Так, система может быть установлена для обеспечения беспроводного канала связи, даже если возможность связи сначала не используется. Здесь, опять же, термин "беспроводной" означает, что имеется по меньшей мере одна беспроводная ветвь в канале связи, другие ветви могут идти по кабелю.

В других ситуациях указанная система может быть установлена постфактум.

Клапан может содержать по меньшей мере один из следующих элементов:

подземный предохранительный клапан;

клапан управления расходом в стволе скважины;

клапан ствол скважины - затрубное пространство;  
 клапан затрубное пространство - затрубное пространство;  
 клапан ствол скважины - камера компенсации давления;  
 клапан затрубное пространство - камера компенсации давления;  
 клапан через пакер или в обход пакера.

Следует отметить, что каждое устройство может быть устройством, управляемым дистанционно, например, может быть устройством, управляемым с помощью беспроводной связи. Это может означать, к примеру, что при управлении с поверхности в канале связи может присутствовать по меньшей мере одна беспроводная ветвь. Другие ветви могут идти по кабелю, например, между участком, на котором расположен сенсор, и участком, на котором осуществляется сбор.

Подача электромагнитных сигналов может предусматривать использование сигналов постоянного или переменного тока, и подходящих схем модуляции. Модуль сбора может содержать преобразователь постоянного тока (DC/DC-преобразователь) для сбора мощности от токов катодной защиты или других присутствующих токов. Модуль сбора может содержать устройство накопления энергии для накопления собранной мощности. Устройство накопления энергии может содержать устройство накопления заряда, которое может содержать по меньшей мере один конденсатор и/или по меньшей мере одну перезаряжаемую батарею. Там, где есть средства накопления энергии, модуль сбора может быть выполнен с возможностью выборочной подачи мощности от устройства накопления или непосредственно от собранной энергии. Такой выбор может быть основан на заранее определенных условиях. В альтернативных вариантах в отсутствие устройства накопления энергии модуль сбора может быть выполнен с возможностью постоянной подачи мощности по требованию.

Для избирательного использования в модуле сбора может быть также предусмотрена первичная батарея.

Преобразователь постоянного тока (DC/DC-преобразователь) может содержать полевой транзистор для образования резонансного повышающего осциллятора. Преобразователь постоянного тока может также включать в себя повышающий трансформатор и может включать в себя конденсатор связи.

Модуль сбора может быть выполнен с возможностью управления отношением витков повышающего трансформатора для модифицирования нагрузки, генерируемой преобразователем постоянного тока. Вторичная обмотка повышающего трансформатора может содержать множество ответвлений, и/или повышающий трансформатор может содержать множество вторичных обмоток, и модуль сбора может быть выполнен с возможностью выбора обмоток и/или ответвлений для обеспечения необходимого отношения витков. Для выбора ответвлений и/или обмоток может использоваться переключатель, управляемый микропроцессором.

Согласно другому аспекту настоящего изобретения предложен внутрискважинный блок, содержащий модуль сбора, раскрытый выше, и по меньшей мере одно устройство, выполненное с возможностью получения мощности от модуля сбора.

Одно или несколько из устройств: сенсорный модуль, модуль связи и модуль сбора, может быть предусмотрено в затрубном пространстве, например затрубном пространстве В или затрубном пространстве С, или другом затрубном пространстве. Сенсорный модуль и модуль сбора могут быть частью общего внутрискважинного блока, однако, более типичным вариантом будет вариант, в котором они разделены, так что сенсор может располагаться глубже модуля сбора.

Внутрискважинное устройство может быть предусмотрено на другом участке в скважине относительно модуля сбора.

Модуль сбора может быть размещен на заданном участке внутри скважины для сбора мощности, при этом для подачи электрической мощности ниже, внутрь скважины, к внутрискважинному устройству на другом участке в скважине, может быть предусмотрен кабель.

Площадь поперечного сечения проводящей жилы, или жил, кабеля, используемого для подачи электрической мощности ниже, внутрь скважины, может быть меньше площади поперечного сечения кабеля, используемого для соединения модуля сбора с внутрискважинной конструкцией для сбора мощности.

Согласно другому аспекту настоящего изобретения предложена внутрискважинная система мониторинга скважины для осуществления мониторинга по меньшей мере одного параметра в скважинной установке, имеющей металлическую конструкцию, несущую электрический ток, причем указанная система содержит

систему сбора электрической энергии, раскрытую выше;  
 сенсорный модуль для измерения по меньшей мере одного параметра; и  
 модуль связи для отправки показаний закодированных данных от сенсорного модуля в направлении поверхности,

при этом система сбора электрической энергии выполнена с возможностью подачи электрической мощности по меньшей мере одному из устройств: сенсорному модулю или модулю связи.

Согласно другому аспекту настоящего изобретения предложена внутрискважинная система мониторинга скважины для осуществления мониторинга по меньшей мере одного параметра в скважинной установке, имеющей металлическую конструкцию, несущую электрический ток, причем указанная сис-

тема содержит

сенсорный модуль для измерения по меньшей мере одного параметра;

модуль связи для отправки показаний закодированных данных от сенсорного модуля в направлении поверхности; и

систему сбора электрической энергии, содержащую модуль сбора, электрически соединенный с металлической конструкцией на первом участке и со вторым участком, отстоящим от первого участка, причем первый и второй участки выбраны так, чтобы при использовании между ними присутствовала разность потенциалов вследствие электрического тока, текущего по конструкции; причем модуль сбора выполнен с возможностью сбора электрической энергии от электрического тока, при этом система сбора электрической энергии выполнена с возможностью подачи электрической мощности по меньшей мере одному из устройств: сенсорному модулю или модулю связи.

Указанная система может содержать по меньшей мере один кабель, имеющий первую длину, для соединения модуля сбора с одним из отстоящих участков.

Указанная система может содержать по меньшей мере один кабель, имеющий вторую длину, для подачи мощности от модуля сбора к сенсорному модулю.

Площадь поперечного сечения проводящей части кабеля, имеющего первую длину, может превышать площадь поперечного сечения проводящей части кабеля, имеющего вторую длину.

Модуль связи может быть выполнен с возможностью модуляции электрического тока, текущего по металлической конструкции, на участке подачи сигнала для кодировки данных для обеспечения возможности извлечения указанных данных на участке получения, удаленном от участка подачи сигнала, посредством детектирования эффекта указанной модуляции на электрическом токе на указанном участке получения.

Система мониторинга скважины может содержать детектор для детектирования эффекта модуляции на электрическом токе на указанном участке получения для извлечения закодированных данных.

Модуль связи может быть выполнен с возможностью управления нагрузкой, генерируемой модулем сбора, для осуществления указанной модуляции электрического тока в металлической конструкции на участке подачи сигнала.

Сенсорный модуль может содержать сенсор давления.

Сенсор давления может быть выполнен с возможностью осуществления мониторинга пластового давления.

Сенсор давления может быть выполнен с возможностью осуществления мониторинга давления в затрубном пространстве скважины.

Сенсор давления может быть выполнен с возможностью осуществления мониторинга давления в закрытом затрубном пространстве скважины.

Согласно другому аспекту настоящего изобретения предложена внутрискважинная система связного повторителя для использования в скважинной установке, имеющей металлическую конструкцию, несущую электрический ток, причем указанная система содержит

систему сбора электрической энергии, раскрытую выше; и

связной повторитель, размещенный внутри скважины в указанной скважине и выполненный с возможностью осуществления связи с первым устройством за пределами устья скважины с помощью канала связи, являющегося беспроводным по меньшей мере на участке, проходящем через устье скважины, и выполненный с возможностью осуществления связи со вторым устройством, расположенным в скважине, то есть ниже устья скважины, так что связной повторитель может выступать в роли повторителя между первым и вторым устройствами,

при этом система сбора электрической энергии выполнена с возможностью подачи электрической мощности связному повторителю.

Согласно другому аспекту настоящего изобретения предложена внутрискважинная система связного повторителя для использования в скважинной установке, имеющей металлическую конструкцию, несущую электрический ток, причем указанная система содержит связной повторитель, размещенный внутри скважины в скважине, и выполненный с возможностью осуществления связи с первым устройством за пределами устья скважины с помощью канала связи, являющегося беспроводным по меньшей мере на участке, проходящем через устье скважины, и выполненный с возможностью осуществления связи со вторым устройством, расположенным в скважине, то есть ниже устья скважины, так что связной повторитель может выступать в роли повторителя между первым и вторым устройствами; и систему сбора электрической энергии, содержащую модуль сбора, электрически соединенный с металлической конструкцией на первом участке и со вторым участком, отстоящим от первого участка, причем первый и второй участки выбраны так, чтобы при использовании между ними присутствовала разность потенциалов вследствие электрического тока, текущего по металлической конструкции; при этом модуль сбора выполнен с возможностью сбора электрической энергии от электрического тока, при этом система сбора электрической энергии выполнена с возможностью подачи электрической мощности связному повторителю.

Следует понимать, что упоминание здесь первого устройства за пределами устья скважины отно-



сится к устройству на другой стороне устья скважины относительно второго устройства, которое расположено в скважине, то есть предпочтительной является связь, осуществляемая через устье скважины. По существу, первое устройство может располагаться, где угодно, поблизости к устью скважины или на удалении, при условии обеспечения соответствующей связи.

Связной повторитель может быть выполнен с возможностью модуляции электрического тока, текущего по металлической конструкции, на участке подачи сигнала для кодировки данных для обеспечения возможности извлечения данных на участке получения, удаленном от участка подачи сигнала, посредством детектирования эффекта указанной модуляции на электрическом токе на указанном участке получения.

Связной повторитель и/или модуль сбора может быть предусмотрен в затрубном пространстве, например в затрубном пространстве В или затрубном пространстве С, или другом затрубном пространстве.

Связной повторитель и модуль сбора могут быть частью общего внутрискважинного блока.

Указанная система может содержать по меньшей мере один кабель, имеющий первую длину, для соединения модуля сбора с одним из отстоящих участков.

Указанная система может содержать по меньшей мере один кабель, имеющий вторую длину, для подачи мощности от модуля сбора связному повторителю.

Площадь поперечного сечения проводящей части кабеля, имеющего первую длину, может превышать площадь поперечного сечения проводящей части кабеля, имеющего вторую длину.

Внутрискважинная система связного повторителя может содержать детектор для детектирования эффекта указанной модуляции на электрическом токе на указанном участке получения для извлечения закодированных данных.

Связной повторитель может быть выполнен с возможностью управления нагрузкой, генерируемой модулем сбора, для осуществления указанной модуляции электрического тока в металлической конструкции на участке подачи сигнала.

Согласно другому аспекту настоящего изобретения предложена система управления внутрискважинным устройством для управления внутрискважинным устройством в скважинной установке, имеющей металлическую конструкцию, несущую электрический ток, причем указанная система содержит

внутрискважинное устройство;

систему сбора электрической энергии, содержащую модуль сбора, электрически соединенный с металлической конструкцией на первом участке и со вторым участком, отстоящим от первого участка, причем первый и второй участки выбраны так, чтобы при использовании между ними присутствовала разность потенциалов вследствие электрического тока, текущего по конструкции; при этом модуль сбора выполнен с возможностью сбора электрической энергии от электрического тока,

при этом система сбора электрической энергии выполнена с возможностью подачи электрической мощности внутрискважинному устройству.

Внутрискважинное устройство может содержать по меньшей мере один из следующих элементов:

внутрискважинный сенсор;

внутрискважинный исполнительный механизм;

затрубное устройство герметизации, например пакер или пакерный элемент;

клапан;

внутрискважинный модуль связи, например приемопередатчик или повторитель.

Указанный клапан может содержать по меньшей мере один из следующих элементов

подземный предохранительный клапан;

клапан управления расходом в стволе скважины;

клапан ствол скважины - затрубное пространство;

клапан затрубное пространство - затрубное пространство;

клапан ствол скважины - камера компенсации давления;

клапан затрубное пространство - камера компенсации давления;

клапан через пакер или в обход пакера.

Мощность может подаваться для управления клапаном, при этом мощность для перемещения клапана поступает от другого источника (например, от подпружинивания, разности давлений). В альтернативном варианте мощность может подаваться для перемещения клапана, или и для управления, и для перемещения клапана. Клапан может содержать пусковой механизм, например, сервоклапан, управляемый с помощью мощности от системы подачи мощности.

Система управления устройством может быть выполнена с возможностью подачи варьируемых уровней мощности. Так, первый уровень мощности может подаваться в моменты, отличные от моментов, когда требуется второй, более высокий, уровень мощности. Подаваемые токи, например токи катодной защиты, могут быть увеличены, если требуется более высокий уровень мощности, за счет переключения на большее число анодов или подачей более высокого наложенного тока. Это может соответствовать уровню, нежелательному для долгосрочных периодов из-за потенциально разрушающих последствий слишком большой разности потенциалов вследствие токов катодной защиты - водородной хрупкости -но это допустимо для краткосрочных периодов. Поэтому система, аппарат, способ могут быть выполнены с

возможностью временного увеличения подаваемого тока, например тока катодной защиты. Более высокий уровень мощности может использоваться, например, для перемещения клапана из одного состояния в другое, при этом более низкий уровень может использоваться в другие моменты, например, при осуществлении мониторинга и/или управления сигналами.

Внутрискважинное устройство может располагаться на другом участке в скважине относительно модуля сбора.

Модуль сбора может быть размещен на выбранном участке внутри скважины для сбора мощности, при этом может быть предусмотрен кабель для подачи электрической мощности ниже, внутрь скважины, к внутрискважинному устройству, расположенному на другом участке в скважине.

Площадь поперечного сечения проводящей жилы, или жил, кабеля, используемого для подачи электрической мощности ниже, внутрь скважины, может быть меньше площади поперечного сечения кабеля, используемого для соединения модуля сбора с внутрискважинной конструкцией для сбора мощности.

Внутрискважинному устройству может быть доступен и другой источник питания, помимо электрической мощности, подаваемой модулем сбора электрической энергии.

В каждом из описанных выше аппаратов модуль сбора может содержать средства переменного импеданса для варьирования нагрузки между двумя соединениями. Средства переменного импеданса могут управляться микропроцессором.

Средства переменного импеданса могут использоваться для варьирования нагрузки для оптимизации сбора энергии.

Средства переменного импеданса могут использоваться для модуляции нагрузки для передачи данных от модуля сбора в направлении поверхности.

Модуляция импеданса может также использоваться для передачи от верхнего участка в направлении модуля сбора для модуляции подаваемого тока (например, тока катодной защиты). Одним из способов является включение анода и исключение его из работы, что приведет к модуляции потенциала, наблюдаемого внутри скважины. Так, данные могут кодироваться включением анода и исключением его из работы. Например, соединение между анодом и конструкцией может быть избирательно образовано и нарушено посредством указанных средств переключения. Так, верхний блок связи может содержать средства переключения для включения анода и исключения его из работы. В системе наложенного тока подаваемые сигналы могут быть модулированы для кодировки данных.

Согласно другому аспекту настоящего изобретения предложен способ подачи мощности внутрискважинному устройству в скважинной установке, имеющей металлическую конструкцию, несущую электрический ток, причем указанный способ содержит этапы, на которых

осуществляют электрическое соединение блока сбора с металлической конструкцией на первом участке и со вторым участком, отстоящим от первого участка, при этом первый и второй участки выбирают так, чтобы между ними присутствовала разность потенциалов вследствие электрического тока, текущего по конструкции, при этом блок сбора выполнен с возможностью сбора электрической энергии от электрического тока, будучи подключенным между участками с имеющейся между ними разностью потенциалов;

осуществляют сбор электрической мощности от электрического тока в блоке сбора; и  
подают электрическую мощность от блока сбора внутрискважинному устройству.

Указанный способ может содержать этапы, на которых: определяют участок, на котором потенциал вследствие электрического тока, текущего по конструкции, максимален по величине, и в зависимости от участка указанного максимума выбирают первый участок, на котором блок сбора соединяют с металлической конструкцией.

Согласно другому аспекту настоящего изобретения предложена внутрискважинная система сбора электрической энергии для использования в скважинной установке, имеющей металлическую конструкцию, содержащую по меньшей мере одну секцию металлических удлиненных элементов, несущих электрический ток, причем система сбора содержит

модуль сбора энергии, содержащий электрический контур, подключенный между отстоящими контактами для сбора энергии от разности потенциалов между отстоящими контактами, причем первый из отстоящих контактов образован по меньшей мере с одной секцией металлических удлиненных элементов на первом участке, а второй из отстоящих контактов образован по меньшей мере с одной секцией металлических удлиненных элементов на втором участке, при этом разность потенциалов вызвана током, текущим по указанной по меньшей мере одной секции удлиненных элементов, и по меньшей мере частично импедансом указанной по меньшей мере одной секции удлиненных элементов.

Электрический ток, текущий по меньшей мере по одной секции металлических удлиненных элементов, на которой образован первый контакт, может течь в том же продольном направлении, что и электрический ток, текущий по меньшей мере по одной секции металлических удлиненных элементов, на которой образован второй контакт.

Предпочтительно, чтобы первый отстоящий контакт и второй отстоящий контакт были оба образованы с той же секцией металлических удлиненных элементов; при этом эта секция металлических удлиненных элементов является непрерывно проводящей между первым и вторым участками.

Предпочтительно, чтобы металлическая конструкция обеспечивала непрерывную траекторию протекания тока между первым участком и вторым участком.

Предпочтительно, чтобы протекание тока между частями металлической конструкции в областях между первым участком и вторым участком происходило в одном и том же продольном направлении.

Предпочтительно, чтобы модуль сбора был выполнен с возможностью сбора электрической энергии от постоянных токов.

Электрическое соединение с металлической конструкцией на первом участке может быть гальваническим соединением.

Электрическое соединение с металлической конструкцией на втором участке может быть гальваническим соединением.

Электрическое соединение с металлической конструкцией на первом участке может быть образовано с одним из следующих элементов: обсадной трубой, хвостовиком, колонной, гибкой колонной типа "колтюбинг", насосной штангой.

Электрическое соединение с металлической конструкцией на втором участке может быть образовано с одним из следующих элементов: обсадной трубой, хвостовиком, колонной, гибкой колонной типа "колтюбинг", насосной штангой.

Отстоящие участки могут отстоять по оси.

Отстоящие участки могут отстоять радиально.

По меньшей мере одно соединение между по меньшей мере одним из электрических контактов и электрическим контуром может быть обеспечено изолированным кабелем.

Предпочтительно, чтобы изолированный кабель имел проводящую площадь равную по меньшей мере  $10 \text{ мм}^2$ , предпочтительно по меньшей мере  $20 \text{ мм}^2$ , более предпочтительно по меньшей мере  $80 \text{ мм}^2$ .

Кабель может быть помещенным в колону проводником.

Расстояние, на котором участки отстоят, может составлять по меньшей мере 100 м.

Соединения могут быть образованы с общей секцией металлических удлиненных элементов, являющейся частью металлической конструкции.

В некоторых вариантах осуществления первое из соединений образовано с первой секцией металлических удлиненных элементов, являющейся частью металлической конструкции, а второе из соединений образовано со второй, другой, секцией металлических удлиненных элементов, являющейся частью металлической конструкции.

Для электрической изоляции первой секции металлических удлиненных элементов от второй секции металлических удлиненных элементов в области соединений могут быть предусмотрены средства изоляции.

Средства изоляции могут содержать изолирующий слой или покрытие, предусмотренные по меньшей мере на одной из секций металлических удлиненных элементов.

Средства изоляции могут содержать по меньшей мере один изолирующий центратор для удержания металлических удлиненных элементов на расстоянии друг от друга.

Средства изоляции могут быть предусмотрены во избежание электрического контакта между двумя секциями металлических удлиненных элементов на расстоянии по меньшей мере 100 м.

Ток, текущий по удлиненным элементам, может подаваться с поверхности скважины.

Ток, текущий по удлиненному элементу, может подаваться от одного или нескольких жертвенных анодов.

Ток, текущий по удлиненным элементам, может быть наложенным током от внешнего источника питания.

Напряжение поверхности скважины при использовании может быть ограничено диапазоном от  $-0,7$  до  $-2 \text{ В}$  относительно опорной ячейки из серебра/хлорида серебра.

Разность потенциалов между отстоящими контактами может быть меньше  $1 \text{ В}$ , предпочтительно меньше  $0,5 \text{ В}$ , более предпочтительно меньше  $0,1 \text{ В}$ .

Сопротивление скважинной конструкции между контактами может быть меньше  $0,1 \text{ Ом}$ , предпочтительно меньше  $0,01 \text{ Ом}$ .

Верхний отстоящий контакт может находиться

в пределах 100 м, предпочтительно в пределах 50 м, от поверхности земли, если скважина является материковой скважиной; и

в пределах 100 м, предпочтительно в пределах 50 м, от уровня дна, если скважина является подводной скважиной.

Верхний отстоящий контакт может быть расположен в непосредственной близости от участка, соответствующего потенциалу максимальной величины, вызванному электрическим током, текущим по конструкции.

Указанная система может содержать внутрискважинные средства связи для передачи и/или приема данных.

Внутрискважинные средства связи могут быть выполнены с возможностью передачи данных варьированием нагрузки между соединениями на отстоящих участках.

Согласно другому аспекту настоящего изобретения предложена система управления внутрискважинным устройством, содержащая внутрискважинную систему сбора электрической энергии, раскрытую выше, и внутрискважинное устройство, причем модуль сбора электрически соединен с указанным внутрискважинным устройством и выполнен с возможностью подачи мощности указанному внутрискважинному устройству.

Указанное внутрискважинное устройство может содержать по меньшей мере один из следующих элементов:

- внутрискважинный сенсор;
  - внутрискважинный исполнительный механизм;
  - затрубное устройство герметизации, например пакер или пакерный элемент;
  - клапан;
  - внутрискважинный модуль связи, например приемопередатчик или повторитель.
- Указанный клапан может содержать по меньшей мере один из следующих элементов:
- подземный предохранительный клапан;
  - клапан управления расходом в стволе скважины;
  - клапан ствол скважины - затрубное пространство;
  - клапан затрубное пространство - затрубное пространство;
  - клапан ствол скважины - камера компенсации давления;
  - клапан затрубное пространство - камера компенсации давления;
  - клапан через пакер или в обход пакера.

Внутрискважинное устройство может быть предусмотрено на другом участке в скважине относительно модуля сбора.

Модуль сбора может быть размещен на выбранном участке внутри скважины для сбора мощности, при этом для подачи электрической мощности ниже, внутрь скважины, внутрискважинному устройству, расположенному на другом участке в скважине, может быть предусмотрен кабель.

Площадь поперечного сечения проводящей жилы, или жил, кабеля, используемого для подачи электрической мощности ниже, внутрь скважины, может быть меньше, чем площадь поперечного сечения кабеля, используемого для соединения модуля сбора с внутрискважинной системой для сбора мощности.

Согласно другому аспекту настоящего изобретения предложен способ подачи мощности внутрискважинному устройству в скважинной установке, имеющей металлическую конструкцию, несущую электрический ток, причем указанный способ содержит следующие этапы:

осуществляют электрическое соединение блока сбора с металлической конструкцией на первом участке и с металлической конструкцией на втором участке, отстоящем от первого участка, при этом первый и второй участки выбирают так, чтобы между ними присутствовала разность потенциалов вследствие электрического тока, текущего по конструкции, при этом блок сбора выполнен с возможностью сбора электрической энергии от электрического тока, будучи подсоединенным между участками с разностью потенциалов между ними;

- собирают электрическую мощность от электрического тока в блоке сбора; и
- подают электрическую мощность от блока сбора внутрискважинному устройству.

Указанный способ может также содержать следующие этапы, на которых определяют участок, на котором потенциал, вызванный электрическим током, текущим по конструкции, максимален по величине, и выбирают первый участок, на котором блок сбора соединяют с металлической конструкцией, в зависимости от участка указанного максимума.

Согласно другому аспекту настоящего изобретения предложена внутрискважинная система сбора электрической энергии для сбора электрической энергии в скважинной установке, имеющей металлическую конструкцию, обеспеченную катодной защитой, причем указанная система содержит

модуль сбора, электрически соединенный с металлической конструкцией на первом участке и со вторым участком, отстоящим от первого участка, причем первый и второй участки выбраны так, чтобы при использовании между ними присутствовала разность потенциалов вследствие токов катодной защиты, текущих по конструкции;

при этом модуль сбора выполнен с возможностью сбора электрической энергии от токов катодной защиты.

Модуль сбора может быть выполнен с возможностью сбора электрической энергии от постоянных токов.

Протекание тока между частями металлической конструкции в областях между первым участком и вторым участком может происходить в одном и том же продольном направлении.

Может быть обеспечена непрерывная траектория протекания тока между первым участком и вторым участком, которая по меньшей мере частично проходит по металлической конструкции.

Модуль сбора может быть электрически соединен с металлической конструкцией на втором участке.

Отстоящие участки могут отстоять по оси.

Отстоящие участки могут отстоять радиально.

По меньшей мере одно соединение между по меньшей мере одним из электрических контактов и модулем сбора может быть обеспечено изолированным кабелем.

Изолированный кабель может иметь проводящую площадь по меньшей мере  $10 \text{ мм}^2$ , предпочтительно по меньшей мере  $20 \text{ мм}^2$ , более предпочтительно по меньшей мере  $80 \text{ мм}^2$ .

Кабель может быть помещенным в колону проводником.

Расстояние, на которое указанные участки отстоят, может составлять по меньшей мере 100 м.

Соединения могут быть образованы с общей секцией металлических удлиненных элементов, являющейся частью металлической конструкции.

Первое из соединений может быть образовано с первой секцией металлических удлиненных элементов, являющейся частью металлической

конструкции, а второе из соединений может быть образовано со второй, другой, секцией металлических удлиненных элементов, являющейся частью металлической конструкции.

Для электрической изоляции первой секции металлических удлиненных элементов от второй секции металлических удлиненных элементов в области соединений могут быть предусмотрены средства изоляции.

Средства изоляции могут содержать изолирующий слой или покрытие, предусмотренное по меньшей мере на одной из секций металлических удлиненных элементов.

Средства изоляции могут включать в себя по меньшей мере один изолирующий центратор для удержания секций металлических удлиненных элементов на расстоянии друг от друга.

Во избежание электрического контакта между двумя секциями металлических удлиненных элементов средства изоляции могут быть предусмотрены на расстоянии по меньшей мере 100 м.

Ток, текущий по удлиненным элементам, может подаваться с поверхности скважины.

Ток, текущий по удлиненному элементу, может подаваться от одного или нескольких жертвенных анодов.

Ток, текущий по удлиненным элементам, может быть наложенным током от внешнего источника питания.

Напряжение поверхности скважины при использовании может быть ограничено диапазоном от  $-0,7 \text{ В}$  до  $-2 \text{ В}$  относительно опорной ячейки из серебра/хлорида серебра.

Разность потенциалов между отстоящими контактами может быть меньше  $1 \text{ В}$ , предпочтительно меньше  $0,5 \text{ В}$ , более предпочтительно менее  $0,1 \text{ В}$ .

Сопротивление скважинной конструкции между контактами может быть менее  $0,1 \text{ Ом}$ , предпочтительно менее  $0,01 \text{ Ом}$ .

Верхний отстоящий контакт может находиться:

в пределах 100 м, предпочтительно в пределах 50 м, от поверхности земли, если скважина является материковой; и

в пределах 100 м, предпочтительно в пределах 50 м, от уровня дна, если скважина является подводной.

Верхний отстоящий контакт может располагаться в непосредственной близости от участка, соответствующего потенциалу максимальной величины, вызванному электрическим током, текущим по конструкции.

Указанная система может также содержать внутрискважинные средства связи для передачи и/или приема данных.

Внутрискважинные средства связи могут быть выполнены с возможностью передачи данных варьированием нагрузки между соединениями на отстоящих участках.

Согласно другому аспекту настоящего изобретения предложена система управления внутрискважинным устройством, причем указанная система содержит внутрискважинную систему сбора электрической энергии, раскрытую выше, и внутрискважинное устройство, причем модуль сбора электрически соединен с внутрискважинным устройством и выполнен с возможностью подачи мощности указанному внутрискважинному устройству.

Внутрискважинное устройство может содержать по меньшей мере один из следующих элементов:

внутрискважинный сенсор;

внутрискважинный исполнительный механизм;

затрубное устройство герметизации, например пакер или пакерный элемент;

клапан;

внутрискважинный модуль связи, например приемопередатчик или повторитель.

Указанный клапан может содержать по меньшей мере один из следующих элементов:

подземный предохранительный клапан;

клапан управления расходом в стволе скважины;

клапан ствол скважины - затрубное пространство;

клапан затрубное пространство - затрубное пространство;

клапан ствол скважины - камера компенсации давления;

клапан затрубное пространство - камера компенсации давления;

клапан через пакер или в обход пакера.

Внутрискважинное устройство может располагаться на другом участке в скважине относительно модуля сбора.

Модуль сбора может быть размещен на выбранном участке внутри скважины для сбора мощности, при этом для подачи электрической мощности ниже, внутрь скважины, внутрискважинному устройству на другом участке в скважине может быть предусмотрен кабель.

Площадь поперечного сечения проводящей жилы, или жил, кабеля, используемого для подачи электрической мощности ниже, внутрь скважины, может быть меньше площади кабеля, используемого для соединения модуля сбора с внутрискважинной конструкцией для сбора мощности.

Согласно другому аспекту настоящего изобретения предложен внутрискважинный аппарат передачи данных для использования в скважинной установке, имеющей металлическую конструкцию, оснащенную системой катодной защиты, такой, что имеет место электрический контур, содержащий металлическую конструкцию и замыкание на землю, по которому течет электрический ток, являющийся продуктом системы катодной защиты, причем внутрискважинный аппарат передачи данных содержит

первый модуль связи для расположения на первом участке, содержащий средства модуляции для модуляции электрического тока на первом участке для кодировки данных; и

второй модуль связи для расположения на втором участке, отстоящем от первого участка, содержащий детектор для детектирования эффекта модуляции на электрическом токе на первом участке для извлечения указанных данных.

Средства модуляции могут быть выполнены по меньшей мере с одной из следующих возможностей:

i) управления источником сигнала системы наложенной катодной защиты для непосредственной модуляции тока катодной защиты, подаваемого на металлическую конструкцию, если система катодной защиты представляет собой систему наложенной катодной защиты;

ii) модифицирования соединения между по меньшей мере одним анодом системы катодной защиты и металлической конструкцией; и

iii) изменения импеданса электрического контура.

Первый модуль связи может быть выполнен с возможностью расположения внутри скважины.

Второй модуль связи может быть выполнен с возможностью расположения внутри скважины.

Указанный аппарат может содержать сенсорный модуль для измерения по меньшей мере одного параметра, причем первый модуль связи выполнен с возможностью отправки показаний закодированных данных от сенсорного модуля ко второму модулю связи.

Сенсорный модуль может содержать сенсор давления.

Второй модуль связи может быть выполнен с возможностью предоставления данных внутрискважинному устройству в зависимости от данных, принятых вторым модулем связи от первого модуля связи.

Внутрискважинное устройство может содержать по меньшей мере один из следующих элементов:

внутрискважинный сенсор;

внутрискважинный исполнительный механизм;

затрубное устройство герметизации, например пакер или пакерный элемент;

клапан;

внутрискважинный модуль связи, например приемопередатчик или повторитель.

Указанный клапан может содержать по меньшей мере один из следующих элементов:

подземный предохранительный клапан;

клапан управления расходом в стволе скважины;

клапан ствол скважины - затрубное пространство;

клапан затрубное пространство - затрубное пространство;

клапан ствол скважины - камера компенсации давления;

клапан затрубное пространство - камера компенсации давления;

клапан через пакер или в обход пакера.

По меньшей мере один из модулей связи, первый или второй модуль связи, может содержать связной повторитель для расположения внутри скважины в скважине, выполненный с возможностью осуществления связи с первым устройством за пределами устья скважины, используя канал связи, являющийся беспроводным по меньшей мере на участке, проходящем через устье скважины, и выполненный с возможностью осуществления связи со вторым устройством, расположенным в скважине, то есть ниже устья скважины, так что связной повторитель может выступать в роли повторителя между первым и вторым устройствами.

Указанный аппарат может содержать внутрискважинный модуль сбора электрической мощности, выполненный с возможностью электрического подключения между двумя отстоящими участками в скважинной установке и содержащий электрический контур, выполненный с возможностью сбора электрической энергии, при использовании, от разности потенциалов между отстоящими участками, используемых для сбора, выступающей в роли входного напряжения, причем модуль сбора выполнен с возмож-

ностью подачи мощности по меньшей мере одному компоненту указанного аппарата передачи данных.

Первый модуль связи может быть выполнен с возможностью управления нагрузкой, генерируемой модулем сбора, для осуществления указанной модуляции электрического тока в металлической конструкции на участке подачи сигнала.

Модуль сбора может быть выполнен с возможностью сбора электрической энергии от постоянных токов.

Согласно другому аспекту настоящего изобретения предложена внутрискважинная система передачи данных, содержащая внутрискважинный аппарат передачи данных, раскрытый выше, расположенный в скважинной установке, имеющей металлическую конструкцию, обеспеченную катодной защитой.

Согласно другому аспекту настоящего изобретения предложена внутрискважинная система передачи данных для использования в скважинной установке, имеющей металлическую конструкцию, оснащенную системой катодной защиты, такая, что имеет место электрический контур, содержащий металлическую конструкцию и замыкание на землю, по которому течет электрический ток, являющийся продуктом системы катодной защиты, причем указанная система содержит внутрискважинный аппарат передачи данных, который содержит

первый модуль связи, расположенный на первом участке и содержащий средства модуляции для модуляции электрического тока на первом участке для кодировки данных; и

второй модуль связи, расположенный на втором участке, отстоящем от первого участка, и содержащий детектор для детектирования эффекта модуляции на электрическом токе на первом участке для извлечения указанных данных.

Указанный аппарат может содержать внутрискважинный модуль сбора электрической энергии, электрически подключенный между двумя отстоящими участками в скважинной установке и содержащий электрический контур, выполненный с возможностью сбора электрической энергии, при использовании, от разности потенциалов между отстоящими участками, используемых для сбора, выступающей в роли входного напряжения, причем модуль сбора выполнен с возможностью подачи мощности по меньшей мере одному компоненту указанного аппарата передачи данных.

Протекание тока в частях металлической конструкции в областях между отстоящими участками, используемых для сбора, может происходить в одном и том же продольном направлении.

Между отстоящими участками может иметь место непрерывная траектория протекания тока, используемого для сбора, которая по меньшей мере частично проходит по металлической конструкции.

По меньшей мере один из модулей, первый модуль связи и второй модуль связи, может быть расположен в закрытом затрубном пространстве скважины.

Указанная система или аппарат может содержать сенсор давления, выполненный с возможностью осуществления мониторинга пластового давления скважины.

Указанная система или аппарат может содержать сенсор давления, выполненный с возможностью осуществления мониторинга давления в затрубном пространстве скважины.

Указанная система или аппарат может содержать сенсор давления, выполненный с возможностью осуществления мониторинга давления в закрытом затрубном пространстве скважины.

Согласно другому аспекту настоящего изобретения предложена внутрискважинная модуль сбора электрической энергии, выполненный с возможностью электрического подключения между двумя отстоящими участками в скважинной установке и содержащий электрический контур, выполненный с возможностью сбора электрической энергии, при использовании, от разности потенциалов между отстоящими участками, выполняющей роль входного напряжения.

Модуль сбора может быть выполнен с возможностью сбора электрической энергии от постоянных токов.

Модуль сбора может содержать средства управления для модифицирования входного импеданса электрического контура для соответствия импедансу источника электрического контура для оптимизации эффективности преобразования мощности.

Электрический контур может содержать преобразователь постоянного тока (DC/DC-преобразователь).

Преобразователь постоянного тока может быть выполнен с возможностью работы с входными напряжениями, превышающими минимальное пороговое значение, при этом минимальное пороговое значение не превышает 0,5 В, предпочтительно минимальное пороговое значение не превышает 0,25 В, а еще более предпочтительно минимальное пороговое значение не превышает 0,05 В.

Преобразователь постоянного тока может содержать средства самозапуска, которые позволяют запустить сбор энергии тогда, когда доступное входное напряжение меньше напряжения, соответствующего ширине полупроводниковой запрещенной зоны компонентов в преобразователе постоянного тока.

Преобразователь постоянного тока может содержать средства самозапуска, которые позволяют запустить сбор энергии тогда, когда доступное входное напряжение ниже 0,5 В.

Преобразователь постоянного тока может содержать повышающий трансформатор.

Средства самозапуска могут содержать полевой транзистор, скомпонованный вместе с повышающим трансформатором для образования резонансного повышающего осциллятора.

Преобразователь постоянного тока (DC/DC-преобразователь) может содержать H-мост из транзисторов, выполненный с возможностью, под управлением средств управления, подачи входного сигнала повышающему трансформатору, при этом средства самозапуска могут содержать вспомогательный источник питания для средств управления для обеспечения возможности запуска.

Модуль сбора может содержать средства управления, выполненные с возможностью управления отношением витков повышающего трансформатора для модификации нагрузки, генерируемой преобразователем постоянного тока.

Вторичная обмотка повышающего трансформатора может содержать несколько ответвлений, и/или повышающий трансформатор может содержать несколько вторичных обмоток, при этом средства управления могут быть выполнены с возможностью выбора обмоток и/или ответвлений для обеспечения необходимого отношения витков.

Модуль сбора может содержать по меньшей мере пару терминалов, от которых могут быть образованы соединения с двумя отстоящими участками.

Модуль сбора может иметь больше двух терминалов, при этом каждый из терминалов обеспечивает возможность соединения с соответствующим участком, при этом модуль сбора может дополнительно содержать средства переключения для выборочного электрического подключения двух из терминалов с электрическим контуром, обеспечивая тем самым возможность выбора, между какими из соответствующих участков подключается электрический контур.

В результате получается конструкция, в момент установки которой могут быть образованы множественные контакты с металлической конструкцией, при этом после установки делается выбор, какие из соединений использовать. К примеру, конструкция может включать в себя одно нижнее соединение и два верхних соединения на разных участках. После установки может быть определено, что больше мощности может быть собрано, если используется первое из верхних соединений, поэтому может использоваться первое соединение. В другом случае второе верхнее соединение может оказаться более предпочтительным.

Для переключения между соединениями может также использоваться переключатель, используемый динамически во время использования.

В другом случае могут быть предусмотрены два нижних соединения, помимо или вместо двух верхних соединений, или может быть предусмотрено другое число верхних и/или нижних соединений.

Модуль сбора может содержать устройство накопления энергии для накопления собранной энергии. Устройство накопления энергии может содержать устройство накопления заряда, которое может содержать по меньшей мере один конденсатор и/или перезаряжаемую батарею.

Модуль сбора может содержать средства переменного импеданса для варьирования нагрузки между двумя соединениями.

Средства переменного импеданса могут управляться микропроцессором.

Модуль сбора может быть выполнен с возможностью использования средств переменного импеданса для варьирования нагрузки для оптимизации сбора энергии.

Модуль сбора может быть выполнен с возможностью использования средств переменного импеданса для модуляции нагрузки для передачи данных от модуля сбора.

Модуль сбора может содержать первичную батарею, так что при использовании мощность может выборочно поступать от мощности, собранной контуром, и от первичной батареи.

Согласно другому аспекту настоящего изобретения предложен внутрискважинный аппарат, содержащий модуль сбора, раскрытый выше, и внутрискважинное устройство для приема мощности от модуля сбора.

Внутрискважинный аппарат может содержать средства накопления заряда и средства управления мощностью для управления мощностью, подаваемой внутрискважинному устройству, когда доступно достаточное количество энергии для подачи мощности указанному устройству.

Внутрискважинный аппарат может содержать средства модуляции импеданса для варьирования входного импеданса модуля сбора для модуляции нагрузки для передачи данных по меньшей мере от одного элемента: блока сбора электрической мощности или внутрискважинного устройства.

Внутрискважинный аппарат может содержать средства модуляции для подачи модулированного напряжения по отстоящим соединениям для передачи данных.

Внутрискважинный аппарат может содержать первичную батарею, так что при использовании мощность может выборочно поступать от собранной мощности и от первичной батареи.

Внутрискважинное устройство может содержать по меньшей мере один из следующих элементов:

внутрискважинный сенсор;

внутрискважинный исполнительный механизм;

затрубное устройство герметизации, например пакер или пакерный элемент;

клапан;

внутрискважинный модуль связи, например приемопередатчик или повторитель.

Указанный клапан может содержать по меньшей мере один из следующих элементов:

подземный предохранительный клапан;



клапан управления расходом в стволе скважины;  
 клапан ствол скважины - затрубное пространство;  
 клапан затрубное пространство - затрубное пространство;  
 клапан ствол скважины - камера компенсации давления;  
 клапан затрубное пространство - камера компенсации давления;  
 клапан через пакер или в обход пакера.

Согласно другому аспекту настоящего изобретения предложена внутрискважинная система сбора электрической энергии для сбора электрической энергии в скважинной установке, имеющей металлическую конструкцию, несущую электрический ток, причем указанная система содержит

модуль сбора, раскрытый выше, электрически соединенный с металлической конструкцией на первом участке и со вторым участком, отстоящим от первого участка, причем первый и второй участки выбраны так, чтобы при использовании между ними присутствовала разность потенциалов вследствие электрического тока, текущего по конструкции;

при этом модуль сбора выполнен с возможностью сбора электрической энергии от электрического тока.

Согласно другому аспекту настоящего изобретения предложена внутрискважинная система подачи мощности для подачи мощности внутрискважинному устройству в скважинной установке, имеющей металлическую конструкцию, несущую электрический ток, причем указанная система содержит

модуль сбора, раскрытый выше, электрически соединенный с металлической конструкцией на первом участке и со вторым участком, отстоящим от первого участка, причем первый и второй участки выбраны так, чтобы между ними, при использовании, присутствовала разность потенциалов вследствие электрического тока, текущего по конструкции,

при этом модуль сбора выполнен с возможностью сбора электрической мощности от электрического тока и подачи электрической мощности указанному внутрискважинному устройству.

При этом согласно другому аспекту настоящего изобретения предложена внутрискважинная система подачи мощности для подачи мощности внутрискважинному устройству в скважинной установке, имеющей металлическую конструкцию, обеспеченную катодной защитой, при этом указанная система содержит

модуль сбора, раскрытый выше, электрически соединенный с металлической конструкцией на двух отстоящих участках, которые выбраны так, чтобы, при использовании, между ними присутствовала разность потенциалов вследствие токов катодной защиты, текущих по конструкции;

при этом модуль сбора выполнен с возможностью сбора электрической мощности от токов катодной защиты и подачи электрической мощности внутрискважинному устройству.

При этом согласно другому аспекту настоящего изобретения предложен способ передачи данных в скважинной установке, имеющей металлическую конструкцию, оснащенную системой катодной защиты, такой, что имеет место электрический контур, содержащий металлическую конструкцию и замыкание на землю, по которому течет электрический ток, являющийся продуктом системы катодной защиты, при этом указанный способ содержит этапы, на которых

осуществляют модуляцию электрического тока на первом участке для кодировки данных; и  
 на втором участке, отстоящем от первого участка, осуществляют детектирование эффекта указанной модуляции на электрическом токе на первом участке для извлечения указанных данных.

Один из участков может быть участком, находящимся снаружи ствола скважины, например, указанный участок может быть поверхностью, а другой участок может находиться внутри скважины.

Этап осуществления модуляции тока может, среди прочего, предусматривать, а средства модуляции могут быть, среди прочего, выполнены с возможностью:

i) управления источником сигнала системы наложенной катодной защиты для непосредственной модуляции сигналов катодной защиты, подаваемых на металлическую конструкцию, если система катодной защиты является системой наложенной катодной защиты;

ii) модуляции соединения между по меньшей мере одним анодом и металлической конструкцией, то есть по меньшей мере один анод может, к примеру, быть подключен к соединению или отключен от соединения с металлической конструкцией для модуляции электрических сигналов, или может быть изменен импеданс между указанным анодом и конструкцией; или

iii) изменения импеданса электрического контура, к примеру, это может быть достигнуто с помощью средств переменного импеданса, или подключения компонентов к соединению или отключения от соединения с контуром.

Желательно, чтобы способы i) и ii) были доступны только на верхнем участке, в то время как способ iii) может быть доступен и внутри скважины, и на верхнем участке.

Связь, использующая описанный выше принцип, может использоваться для однонаправленной связи, например связи поверхности с внутренним пространством скважины; однонаправленной связи, например связи внутреннего пространства скважины с поверхностью, и двунаправленной связи.

Указанные способы делают возможной связь, являющуюся частью гибридной системы связи - когда некоторые части сигнального канала обеспечиваются модуляцией сигналов катодной защиты, а неко-

торые - обеспечиваются другими способами, например беспроводными способами, в том числе электромагнитными способами и акустическими способами.

В любом из описанных выше случаев катодная защита, при ее наличии, может обеспечиваться как пассивной системой катодной защиты, когда жертвенные аноды соединяются с металлической конструкцией скважинной установки, так и системой наложенной катодной защиты, когда защитный ток подается на металлическую конструкцию скважинной установки.

В представленных здесь способах и системах целью является использование имеющихся систем катодной защиты (или других источников тока, если они доступны), в частности, использование имеющихся анодов, при их наличии, например, в подводных установках, в отсутствие необходимости их модификации.

Так, аноды, при их наличии, обычно располагаются снаружи, то есть сверху, ствола скважины, в воде. Более того, аноды обычно располагаются на некотором расстоянии от участка, на котором необходимо обеспечить подачу мощности и/или сигнала.

Так, любая из описанных выше систем может включать в себя один или несколько из следующих элементов: по меньшей мере один имеющийся анод; по меньшей мере один анод, расположенный в воде, например, в толще воды, в которой расположена подводная скважинная установка; по меньшей мере один анод, расположенный на некотором расстоянии от участка, на котором необходимо обеспечить подачу мощности и/или сигнала, используя ток, генерируемый указанным анодом.

Более того, любая из описанных выше систем может быть предназначена для обеспечения возможности передачи мощности от участка, на котором на конструкцию подается ток, например, ток катодной защиты (КЗ), на участок сбора и/или подачи сигнала. Это относится как к току, являющемуся током пассивной катодной защиты, току наложенной катодной защиты, или другому подаваемому току. Типичным является вариант, когда источник тока катодной защиты или другого тока находится на некотором расстоянии от участка сбора и/или подачи сигнала.

Более того, металлическая конструкция может быть непрерывной в области по меньшей мере одного анода и/или области модуля сбора.

Когда в описании выше упоминается оптимизация моделирования, например, в отношении расстояния, на которое отстоят соединения, использования изоляции, выбора только радиального или аксиального расстояния, на которое отстоят соединения, и выбора заданной нагрузки сбора, то в такой модели может использоваться по меньшей мере один из следующих параметров:

1. Скорость затухания наверху скважины, выведенная из размеров обсадных труб и размеров трубчатых элементов, веса, и типа материала (удельного сопротивления), и удельного сопротивления покрывающей толщи (среды, окружающей скважину).
2. Расположение верхнего соединения.
3. Расположение нижнего соединения.
4. Площадь поперечного сечения и тип материала (удельное сопротивление) верхнего кабеля, используемого на входах к собирателю.
5. Число, расположение, материал (электропотенциал) и площадь поверхности анодов устья скважины.
6. Действующее сопротивление скважины на уровне морского дна/устья скважины, также выведенные из размеров обсадных труб и размеров трубчатых элементов, веса, и типа материала (удельного сопротивления) и удельного сопротивления покрывающей толщи (среды, окружающей скважину), но в этот раз для всей конструкции скважины.

В каждом случае описанные выше системы могут содержать первичную батарею для подачи мощности независимо от собранной мощности. Первичную батарею может содержать модуль сбора. Там, где предусмотрена первичная батарея, ее использование может быть предпочтительным, пока в ней есть энергия. Например, она может использоваться для обеспечения возможности использования более высокой производительности на первоначальной стадии, при этом она может прекращать работать, когда доступна только собранная мощность.

Согласно другому аспекту настоящего изобретения предложена скважинная установка, содержащая металлическую конструкцию, несущую электрический ток, и любую из описанных выше систем или аппаратов, например, внутрискважинный аппарат или систему сбора электрической энергии; аппарат или систему управления внутрискважинным устройством; внутрискважинный аппарат или систему связного повторителя; аппарат или систему подачи мощности; или модуль сбора; или внутрискважинный аппарат или систему мониторинга скважины; или внутрискважинный аппарат или систему передачи данных, раскрытые выше. Такая установка может также содержать систему катодной защиты для защиты металлической конструкции.

Следует отметить, что в общем случае каждые из опциональных признаков, следующие за каждым из аспектов изобретения выше, являются одинаково применимыми опциональными признаками в отношении любого другого аспекта настоящего изобретения и могут быть приведены после каждого аспекта с любыми необходимыми изменениями формулировок. Не все из таких опциональных признаков прописаны после каждого аспекта исключительно в целях сохранения краткости изложения.

К примеру, следует понимать, что любая из систем, способов, аппаратов и установок, упоминаемых выше, может использовать модуль сбора, имеющий любую комбинацию или частичную комбинацию раскрытых выше признаков, и т.д.

Скважина, упоминаемая в любом из описанных выше способов, системах, аппаратах, или установках, может быть подводной скважиной.

#### Перечень фигур

Исключительно в целях приведения примера ниже описаны некоторые варианты осуществления настоящего изобретения со ссылками на сопроводительные чертежи.

На фиг. 1 схематически представлена скважинная установка, включающая в себя аппарат мониторинга скважины, включающий в себя внутрискважинную систему подачи мощности;

на фиг. 2А схематически представлен модуль сбора системы подачи мощности, показанный На фиг. 1; при этом На фиг. 2В представлен альтернативный внутрискважинный блок;

на фиг. 2С представлена принципиальная электрическая схема контура преобразователя постоянного тока (DC/DC-преобразователя), который может использоваться в модуле сбора;

на фиг. 2D представлена принципиальная электрическая схема контура преобразователя постоянного тока (DC/DC-преобразователя), который может использоваться в модуле сбора;

на фиг. 3 схематически представлена скважинная установка, включающая в себя внутрискважинный аппарат передачи данных, содержащий внутрискважинный связной повторитель и внутрискважинную систему подачи мощности для подачи мощности внутрискважинному связному повторителю;

на фиг. 4 схематически представлена скважинная установка, включающая в себя аппарат управления клапаном, содержащий внутрискважинный клапан с дистанционным управлением и систему подачи мощности для подачи мощности внутрискважинному клапану с дистанционным управлением;

на фиг. 5 схематически представлена скважинная установка, включающая в себя альтернативную систему мониторинга скважины, содержащую внутрискважинный датчик и внутрискважинную систему подачи мощности для подачи мощности внутрискважинному датчику;

на фиг. 6 схематически представлена альтернативная скважинная установка;

на фиг. 7 для конструкции, аналогично той, что показана На фиг. 1, представлен график оптимальной собираемой мощности в зависимости от глубины нижнего соединения;

на фиг. 8 представлена блок-схема оптимизации сбора энергии;

на фиг. 9 представлена блок-схема управления внутрискважинным блоком; и

на фиг. 10 схематически изображена скважинная установка, включающая в себя платформу.

#### Сведения, подтверждающие возможность осуществления изобретения

На фиг. 1 представлена скважинная установка нефтяной и/или газовой скважины. Должно быть понятно, что такая нефтяная и/или газовая скважина может быть материковой скважиной или подводной скважиной (то есть скважина может находиться под некоторой толщей воды), при этом устье скважины находится под водой на дне моря, реки, озера и т.д., или на платформе. Зачастую скважинные установки оснащаются системой катодной защиты (КЗ). В случае материковых скважин она чаще всего имеет вид системы катодной защиты с наложенным током, при этом защитный ток подается на металлическую конструкцию скважины. С другой стороны, для подводных скважин катодная защита чаще всего представляет систему пассивной катодной защиты, в которой множество анодов из относительно химически активного материала, такого как магниевый сплав, соединены с металлической конструкцией, при этом они подвержены воздействию воды, в которой расположена скважинная установка.

Следует отметить, что описанные здесь решения также релевантны и для нагнетательных скважин - скважин, используемых для ввода воды в пласт для содействия нефте- и/или газоотдачи других скважин на месторождении. Поэтому "скважинная установка" в настоящем описании может быть нагнетательной скважиной. Такая скважина будет иметь конструкцию, похожую на конструкцию установок, детально описанных в настоящей заявке. Аналогично, представленные здесь решения могут использоваться как во время бурения, так и во время эксплуатации, и последующего покидания объекта. Поэтому скважинная установка может представлять собой частично полную установку тогда, когда осуществляется бурение. В широком смысле представленные здесь решения могут использоваться в любой период жизненного цикла скважинной установки.

Более того, в то время как настоящее описание приведено в отношении установок, в которых присутствует катодная защита, что является предпочтительным случаем, многие из представленных здесь систем и решений также работают и в других ситуациях, в которых электрический ток течет по металлической конструкции и от него может быть осуществлен сбор мощности.

Скважинная установка, изображенная на фиг. 1, содержит устье 1 скважины и внутрискважинную металлическую конструкцию 2, ведущую вниз, в ствол скважины от поверхности П. Скважинная установка оснащена системой 3А, 3В катодной защиты. Как упоминалось выше, система либо является системой 3А катодной защиты с наложенным током, либо пассивной катодной защитой, содержащей множество анодов 3В, соединенных с металлической конструкцией скважинной установки, то есть с устьем скважины или другими металлическими компонентами, соединенными с ним.

Внутрискважинная металлическая конструкция 2 содержит первую секцию металлической трубы

21, являющейся эксплуатационной колонной, идущей вниз, в ствол скважины. Вокруг нее расположена первая обсадная труба 22. Снаружи этого слоя расположена вторая обсадная труба 23, а затем третья обсадная труба 24. Должно быть понятно, что между каждой секцией металлической трубы имеется соответствующее затрубное пространство. Так, первое затрубное пространство между эксплуатационной колонной 21 и первой обсадной трубой 22 обычно в нефтегазовой индустрии называют затрубным пространством А и обозначают позицией А на чертежах. Между первой обсадной трубой 22 и второй обсадной трубой 23 имеется второе затрубное пространство, обычно называемое затрубным пространством В и так же обозначаемое на чертежах, а между второй обсадной трубой 23 и третьей обсадной трубой 24 имеется третье затрубное пространство, обычно называемое затрубным пространством С и так же обозначаемое на чертежах. Скважины обычно могут иметь и следующее, D, затрубное пространство, а иногда и большее число затрубных пространств.

В других случаях металлическая конструкция может содержать другие удлиненные элементы, в частности, один или несколько из следующих элементов: обсадную трубу, хвостовик, колонну, гибкую колонну типа "колтюбинг", насосную штангу.

Аппарат мониторинга, предусмотренный в скважинной установке, содержит модуль 4 сбора электрической мощности, расположенный в данном варианте осуществления в затрубном пространстве А. Модуль 4 сбора электрически соединен посредством кабелей 41 с парой отстоящих участков 41а, 41б на эксплуатационной колонне 21. В альтернативном варианте модуль 4 сбора может быть электрически соединен с одним из участков посредством кабеля, при этом может быть соединен с другим участком без кабеля. С одним из участков модуль 4 сбора может быть электрически соединен посредством проводящего корпуса модуля сбора (или окружающего модуль сбора). Поэтому лишь один такой кабель может нуждаться в выводе из указанного корпуса.

Следует отметить, что между модулем 4 сбора и металлической конструкцией 21 на отстоящих участках 41а, 41б имеет место гальваническое соединение. В частности, гальваническое соединение имеет место с металлической конструкцией 21, вместо, например, индуктивного соединения. Это упрощает конструкцию и избавляет от инженерных сложностей. В данном случае гальваническое соединение имеет место на всем участке от металлической конструкции к входам контура, входящего в состав модуля сбора для сбора энергии.

Более того, следует отметить, что на указанную металлическую конструкцию скважины установка такой системы, в целом, не оказывает никакого влияния. Ни на одну из секций металлической трубы не были добавлены изолирующие вставки для обеспечения эффективности системы, и нормальное протекание тока катодной защиты в конструкции не было изменено - за исключением, естественно, происходящего процесса сбора. К примеру, между отстоящими участками секция металлической конструкции, с которой образованы соединения, является сплошной, в более широком смысле - все секции металлической конструкции являются сплошными во всех областях. Это несущественно для работы, но это возможно и является превалирующей ситуацией в скважинной установке - то есть стандартная металлическая конструкция установки не меняется. Аналогичным образом в металлической конструкции ток может течь, и течет, в одном и том же направлении в области соединений и между соединениями. Опять же, это является превалирующей ситуацией в скважинной установке - внесение модификаций в скважинную установку избегается. Ток может протекать на одной секции металлической конструкции, с которой образованы соединения, или перескакивать с одной секции на другую, или течь параллельно в нескольких секциях - главное, что для функционирования системы не требуется создание искусственной конфигурации металлической конструкции в скважине, указанная металлическая конструкция обеспечивает непрерывную траекторию протекания тока, и протекание тока по металлической конструкции происходит в том же самом продольном направлении.

Следует отметить, что доступ к затрубному пространству А зачастую обеспечивается посредством кабеля, проходящего через устье 1 скважины. Несмотря на это, использование представленных здесь конфигураций является выигранным, так как они минимизируют число пенетраторов в устье скважины, снижая риск и используя и/или освобождая пенетратор для других целей.

Аппарат мониторинга также содержит внутрискважинный датчик 5, расположенный глубже в скважине, чем модуль 4 сбора, и соединенный с ним посредством кабеля 42. В данном варианте осуществления внутрискважинный датчик 5 расположен непосредственно над пакером ПР. Обычно кабели 41, соединяющие модуль 4 сбора с эксплуатационным блоком 21, представляют собой помещенные в колонну проводники (англ. tubing encased conductor - ТЕС), обычно используемые в нефтегазовой промышленности, при этом кабель 42, соединяющий модуль 4 сбора с внутрискважинным датчиком 5, также представляет собой помещенный в колонну проводник. Обычно площадь поперечного сечения проводника по длине кабеля 41, соединяющего модуль 4 сбора с эксплуатационной колонной 21, будет больше площади поперечного сечения кабеля 42, соединяющего модуль 4 сбора с внутрискважинным датчиком 5.

Если в скважинной установке предусмотрена катодная защита, потенциал металлической конструкции скважины выбирают достаточно отрицательным в точке ввода, к примеру, в устье 1 скважины, чтобы подавить коррозию в устье скважины и других точках вдоль внутрискважинной металлической кон-

струкции 2 по мере ее спуска в скважину. Однако величина этого отрицательного потенциала уменьшается по мере продвижения вглубь скважины из-за потерь в системе. Поэтому потенциал металлической конструкции 2 вблизи устья скважины будет более отрицательным, чем на более глубоких участках в скважине. Поэтому, когда токи катодной защиты текут по скважинной установке, между участком 41а, где первый из кабелей 41 от модуля сбора соединяется с эксплуатационной колонной 21, и участком 41б, где другой из кабелей 41 от модуля 4 сбора соединяется с эксплуатационной колонной 21, будет присутствовать разность потенциалов. Поэтому в модуле 4 сбора будет присутствовать разность потенциалов, и он сможет извлечь энергию от токов катодной защиты.

Следует отметить, что, несмотря на то, что извлечение энергии будет использовать мощность от системы катодной защиты, влияние на эффективность системы катодной защиты или ускорение коррозии анодов будет ничтожным. Обычно токи катодной защиты будут порядка 10 А, в то время как представленные здесь системы будут извлекать, к примеру, 10-100 мА. То есть количество извлеченного тока попадает в допустимый диапазон, обычно закладываемый в конструкцию систем катодной защиты. При необходимости может обеспечиваться повышенный уровень наложенного тока или число предусмотренных анодов может превышать их нормальное число. Это приведет к увеличению тока катодной защиты и поэтому улучшит сбор.

Электрическая мощность может быть собрана с системы на внутрискважинном участке модуля 4 сбора, и эта собранная мощность может использоваться для других целей.

В варианте осуществления, показанном на фиг. 1, эта собранная мощность используется для подачи мощности внутрискважинному датчику 5 и делает возможным извлечение из него показаний и передачу этих показаний на поверхность П.

В настоящем варианте осуществления для осуществления связи с модулем 4 сбора и внутрискважинным датчиком используется верхний блок 6 связи. В данном случае верхний блок 6 связи предусмотрен на поверхности П-в данном случае на поверхности земли.

Должно быть понятно, что конфигурации, как те, что представлены здесь, могут использоваться вместо традиционного стационарного внутрискважинного датчика (англ. permanent downhole gauge - PDG) с тем преимуществом, что они помогают избежать использование пенетратора, проходящего через устье скважины, делая при этом возможным, во многих случаях, постоянный мониторинг скважины. Мониторинг может быть мониторингом пластового давления, в случае такой необходимости, или аналогичным образом - мониторингом давления в закрытом затрубном пространстве, например, для детектирования утечки или проблемы, или поломки в системе. В этом случае сенсор и модуль сбора могут быть расположены в закрытом затрубном пространстве.

Все из перечисленных вариантов возможны, к примеру, в подводной скважинной установке, там, где обычно будет иметься готовый источник тока для сбора - т.е. ток катодной защиты, обычно генерируемый жертвенными анодами, находящимися в воде, в которой расположена подводная установка, и где другие варианты подачи мощности и сигнала являются сложно осуществимыми.

В скважине с подводным устьем скважины обычно невозможно (практически или с точки зрения экономической эффективности) обеспечить гидравлическую или электрическую связь с наружным затрубным пространством (В, С, и т.д.). В частности, когда эти затрубные пространства герметично заделаны в основании, имеет смысл осуществление мониторинга и, опционально, регулирование давления в таких затрубных пространствах, к примеру, для снижения риска высоких давлений, приводящих к разрушению конструкции обсадной трубы. В частности, движение потока или бурение скважины может повысить температуру герметично заделанного наружного затрубного пространства, и поэтому повысить в нем давление. Возможность осуществления мониторинга в таком случае, и опционально регулирования давления в таком случае (например, с помощью дренажного клапана между затрубными пространствами, как те, что описаны выше) является предпочтительным. В частности, осуществление мониторинга давления в закрытом затрубном пространстве может позволить осуществлять добычу при более высоких скоростях, чем те, которые можно достичь, если используется лишь моделирование ожидаемого повышения давления, так как использование моделируемого давления будет требовать принятия больших допусков безопасности, и потенциально приводить к соответствующему снижению скорости добычи. Должно быть понятно, что представленные здесь решения могут помочь в осуществлении такого мониторинга и/или регулирования.

Другой конкретный вариант осуществления представленного здесь решения будет включать в себя сенсорный модуль, расположенный там же, где обычно расположен обычный, традиционный стационарный внутрискважинный датчик, при этом он предусмотрен для той же цели, что и традиционный стационарный внутрискважинный датчик.

Таким образом, сенсорный модуль может быть размещен в затрубном пространстве А и предназначен для осуществления мониторинга пластового давления посредством измерения давления в колонне через порт передачи давления, проходящий сквозь колонну, делая тем самым возможным определение пластового давления на основе полученного посредством измерения давления с учетом статического давления и влияния потока. Как и в случае с традиционно используемыми стационарными внутрискважинными датчиками (PDG), пластовое давление чаще определяют таким способом, чем измеряют на-

прямою -размещение сенсора непосредственно в пласте, в целом, является практически неосуществимым (при этом должно быть понятно, что "осуществление мониторинга пластового давления" замещает использование таких измерений).

Модуль сбора может быть также предусмотрен на участке сенсорного модуля.

Для извлечения данных из внутрискважинного датчика 5 в направлении поверхности могут использоваться различные способы.

В настоящем варианте осуществления модуль 4 сбора выполнен с возможностью приема сигнала от внутрискважинного датчика, указывающего значение измеряемого параметра, например, давления и/или температуры, и передачи этих данных в направлении поверхности модуляцией нагрузки, которую модуль 4 сбора осуществляет между отстоящими соединениями 41a и 41b. В ответ указанное изменение нагрузки изменит количество тока, забираемого от токов катодной защиты, подаваемых к системе. Это, в свою очередь, детектируется на поверхности или на другом подходящем участке за счет изменения потенциала металлической конструкции на поверхности или на другом подходящем участке. Это может быть детектировано, например посредством детектирования изменения потенциала в устье 1 скважины или посредством детектирования напряжения, или наблюдаемого тока в источнике питания, используемого в системе 3A наложенной катодной защиты. В настоящем варианте осуществления эффект от модуляции детектируют верхним блоком 6 связи, осуществляя мониторинг потенциала устья скважины относительно опорного уровня земли, для извлечения данных измерения давления и/или температуры.

Предпочтительно, чтобы расстояние между отстоящими соединениями 41a, 41b составляло по меньшей мере 100 м, или более вероятно находилось в диапазоне 300-500 м. Оптимальное расстояние для отстоящих соединений 41a, 41b может быть определено моделированием конкретной установки. По мере увеличения расстояния между этими соединениями есть тенденция увеличения разности потенциалов между указанными соединениями (хотя скорость увеличения разности потенциалов снижается по мере увеличения глубины нижнего соединения). С другой стороны, по мере увеличения расстояния общая длина, а поэтому и сопротивление кабелей 41, увеличивается. Поэтому в большинстве систем будет иметь место некоторое оптимальное расстояние.

На фиг. 2A более детально показан модуль 4 сбора аппарата, показанного на фиг. 1. В этом варианте осуществления модуль 4 сбора имеет пару терминалов 43a, 43b, с которыми соединяются соответствующие кабели 41. Между металлической конструкцией и терминалами 43a, 43b имеет место гальваническое соединение. Между этими терминалами 43a, 43b для сбора электрической энергии там, где присутствует разность потенциалов между терминалами 43a, 43b, подсоединяется низковольтный преобразователь постоянного тока (DC/DC-преобразователь). Преобразователь 44 постоянного тока соединен со средствами 45 накопления заряда, включающими в себя по меньшей мере один конденсатор с низкой утечкой, он также соединен с и управляется центральным блоком 46, управляемым микропроцессором. Средства 45 накопления заряда и центральный блок 46 также соединены через соответствующий терминал 43c с кабелем 42, ведущим к внутрискважинному датчику 5. В качестве альтернативы средства 45 накопления заряда могут быть упущены - то есть по необходимости может собираться достаточно мощности, делающей возможной постоянную работу.

Во время работы центральный блок 46 управляет работой преобразователя 44 постоянного тока для оптимизации нагрузки, которую он дает току, получаемому модулем 4 сбора от токов катодной защиты, с целью максимизации энергии, которая может быть собрана и использована, или накоплена в средствах 45 накопления заряда. Следует отметить, что центральный блок может быть выполнен с возможностью выборочного прямого использования и/или отправки собранной энергии, когда это требуется, и накопления энергии и извлечения накопленной энергии, когда это требуется.

Следует отметить, что в альтернативном варианте центральный блок 46, управляемый микропроцессором, может быть заменен альтернативной электроникой, включающей в себя, к примеру, аналоговый контур обратной связи, или т.н. машину состояний (англ. state machine), или даже фиксированную нагрузку сбора, основанную на моделировании, выполненном для конкретной установки.

При использовании накопленной энергии мощность от средств 45 накопления заряда подается через кабель 42 внутрискважинному датчику 5, и через кабель 42 центральный блок 46 получает показания от внутрискважинного датчика 5. Центральный блок 46 также управляет работой преобразователя 44 постоянного тока для модуляции нагрузки, вводимой между терминалами 43a и 43b для отправки сигналов обратно к поверхности, несущих показания от внутрискважинного датчика 5, как описано выше.

Следует отметить, что в описанном варианте осуществления преобразователь 44 постоянного тока и центральный блок 46 вместе выполняют роль средств переменного импеданса за счет управления центральным блоком 46 работой преобразователя 44 постоянного тока для ввода переменного импеданса между терминалами 43a и 43b.

Следует отметить, что вместо расположения сенсора в отдельном внутрискважинном датчике 5, подходящий сенсор может быть предусмотрен на том же участке, что и модуль 4 сбора.

В частности, может быть предусмотрен внутрискважинный блок 4a, показанный на фиг. 2B, содержащий как модуль 4 сбора, так и по меньшей мере одно внутрискважинное устройство, которому необходимо подать мощность. В таком случае внутрискважинный блок 4a содержит и сенсор 47 давления, и

блок 48 связи.

В таком случае вторичный кабель 42, ведущий от внутрискважинного блока 4а, может отсутствовать. С другой стороны, в некоторых других случаях внутрискважинный блок 4а может по-прежнему использоваться для подачи мощности внешнему устройству, даже при наличии своего собственного сенсора 47 и/или блока 48 связи, и поэтому вторичный кабель 42 может присутствовать.

В альтернативных вариантах вместо осуществления связи в направлении поверхности, используя способ модуляции нагрузки, раскрытый выше, внутрискважинный блок 4а может использовать свой собственный блок 48 связи для обратной связи в направлении поверхности. Такая связь может быть в виде сигналов электромагнитной связи, которые могут подаваться обратно к внутрискважинной металлической конструкции 21 посредством кабелей 41. В других случаях блок 48 связи, предусмотренный во внутрискважинном блоке 4а, может быть блоком акустической связи для подачи акустических сигналов металлической конструкции 21 для обратной передачи в направлении поверхности. В таком случае верхний блок связи будет выполнен с возможностью получения акустических сигналов. Следует понимать, что может быть предусмотрена двунаправленная связь, такая, которая требуется и когда требуется, по любым или всем частям каналов связи. Более того, параллельно могут использоваться два способа осуществления связи на любой ветви каналов связи, поэтому электромагнитные сигналы и акустические сигналы могут использоваться параллельно.

В других альтернативных вариантах модуль 4 сбора или внутрискважинный блок 4а могут содержать по меньшей мере один преобразователь мощности для управления напряжением, при котором осуществляется сбор мощности для подачи средствам 45 накопления заряда и/или другим компонентам, таким как центральный блок 46. Может быть предпочтительным накопление энергии при другом напряжении, чем то, при котором осуществляется ее сбор и/или при другом, чем то, при котором она используется центральным блоком 46 или другими компонентами. Например, может быть предпочтительным накопление мощности при более высоком напряжении, чем то, при котором осуществляется ее сбор и/или потребление. Это может быть полезным, например, если имеет место большой забор накопленной мощности, например, во время передачи.

Возможным вариантом осуществления преобразователя постоянного тока является использование коммерчески доступной интегральной схемы. Альтернативой является создание похожей схемы, используя отдельные компоненты. Для эффективной работы предпочтителен преобразователь постоянного тока (DC/DC-преобразователь), который может справляться с низкими входными напряжениями. Одним из способов достижения этого является использование полевого транзистора, такого как переключатель JFET, для создания резонансного повышающего осциллятора, используя повышающий трансформатор и конденсатор связи. Для улучшения оптимизации сбора энергии отношение витков на трансформаторе может выбираться, предпочтительно динамически выбираться, во время работы. На вторичной обмотке трансформатора может быть предусмотрено множество ответвлений, которые могут выборочно использоваться для обеспечения соответствующего отношения витков.

Процессор, к примеру, центрального блока, может быть выполнен с возможностью управления переключателем для динамического выбора соответствующих ответвлений и управления таким образом нагрузкой, генерируемой преобразователем постоянного тока.

На фиг. 2С изображена принципиальная электрическая схема контура для возможного осуществления резонансного повышающего осциллятора, аналогичному тому, что описан выше. Доступная входная разность потенциалов может соединяться с входными терминалами (обозначена как  $V_{in}$ ), а выходной сигнал  $V_{out}$  показан на выходных терминалах. Контур содержит полевой транзистор 201, повышающий трансформатор 202, выступающие вместе в роли осциллятора, и выпрямляющую выходную конструкцию 203, содержащую пару параллельных диодов 204, включенных с противоположной полярностью (т.н. скрещенные диоды, от англ. *crossed diodes*), и соответствующие конденсаторы 205 связи. Первичная обмотка 202а трансформатора 202 последовательно соединена с полевым транзистором 201, и на них подается входной сигнал  $V_{in}$ . Затвор полевого транзистора 201 соединен с вторичной обмоткой 202b трансформатора 202. Выходной сигнал  $V_{out}$  показан на конденсаторах 205 связи, каждый из которых соединен со вторичной обмоткой 202b через соответствующие диоды 204.

Вторичная обмотка 202b трансформатора 202 содержит множество ответвлений 202с, которые могут быть выбраны с помощью переключателя 206, что делает возможным регулировку отношений витков. Переключатель 206 может управляться микропроцессором, в данном случае центральным блоком 4b.

Такой тип преобразователя постоянного тока может работать даже при низкой разности потенциалов на терминалах (входное напряжение), т.е. 0,5 В или ниже. На практике входное напряжение может быть ниже 0,25 В, а возможно даже ниже 0,05 В. Так как эти значения намного меньше напряжений, соответствующих полупроводниковой запрещенной зоне (к примеру, 0,7 В), многие преобразователи постоянного тока не будут работать на сбор энергии при таких низких входных напряжениях. Однако преобразователи постоянного тока, полагающиеся на вышеописанных принципах, могут работать даже при таких низких напряжениях. Такой преобразователь постоянного тока (DC/DC-преобразователь) может предусматривать включение в него средств запуска, предназначенных для обеспечения возможности ра-

боты как в случае, если входное напряжение равно 0,5 В или ниже, так и в случае более высоких напряжений.

Альтернативный подход предусматривает контур с отдельным источником питания, который выступает в роли части средств запуска. К примеру, может быть предусмотрена первичная батарея для запуска системы после установки. Более того, для повторного запуска системы может быть использована накопленная энергия в накопителе энергии, если сбор энергии временно прекращается.

На фиг. 2D изображена принципиальная электрическая схема контура для возможного осуществления преобразователя постоянного тока, работающего по такому принципу. Преобразователь постоянного тока (DC/DC-преобразователь), изображенный на фиг. 2D, содержит H-мост 207 транзисторов 207а, к которому подсоединено входное напряжение. Затворы транзисторов 207а соединены с блоком 208 управления, выполненным с возможностью управления переключением транзисторов 207а для генерирования выходного сигнала переменного тока. Выходной сигнал переменного тока H-моста 207 подсоединен к первичной обмотке 202а повышающего трансформатора 202. Вторичная обмотка 202b трансформатора 202 подсоединена к выпрямителю 209. Один выход выпрямителя 209 соединен через диод 204 с входом блока 210 питания, а другой выход заземлен. Также соединена с указанным входом блока 210 питания через другой диод 204 батарея 211.

Блок 210 питания выполнен с возможностью подачи мощности блоку 208 управления. Для запуска работы блок 210 питания может использовать мощность от батареи 211. Когда преобразователем постоянного тока осуществляется сбор энергии, блок 210 питания может использовать мощность, полученную от выпрямителя 209-т.е. собранную мощность.

В то время как в настоящем примере мощность используется непосредственно при сборе, в альтернативных вариантах собранная энергия может также накапливаться в средствах накопления и использоваться из указанных средств накопления. Как описано в другой части заявки в таком случае средства накопления могут, к примеру, включать в себя один конденсатор с низкой утечкой и/или по меньшей мере один перезаряжаемый элемент. Накопление энергии, когда оно осуществляется, позволяет механизму повторно запускать систему в случае прекращения сбора в некоторый момент времени после разрядки батареи 211.

Батарея 211 может быть первичной (одноразовой) батареей, или может быть перезаряжаемой батареей, при условии, что она является заряженной при установке. Когда батарея является перезаряжаемой батареей, в некоторых вариантах осуществления блок 210 питания может быть выполнен с возможностью накопления в нем энергии, когда она доступна; или в альтернативном варианте может быть удобным наличие отдельных средств накопления энергии (которые могут предусматривать перезаряжаемую батарею).

Следует отметить, что в другом альтернативном варианте преобразователь постоянного тока, изображенный на фиг. 2D, может быть предназначен для обеспечения возможности управления нагрузкой, генерируемой преобразователем постоянного тока. Так, например, может быть использована конфигурация аналогичная той, что показана на фиг. 2C, в которой вторичная обмотка 202b имеет множество ответвлений, и для обеспечения возможности выбора ответвлений предусмотрен переключатель. Такой переключатель может располагаться между обмотками и входом в выпрямитель 209. В другом альтернативном варианте для достижения того же результата вместо множества ответвлений могут быть предусмотрены отдельные вторичные обмотки. Переключатель может управляться блоком управления, представленным в конфигурации на фиг. 2C.

Следует отметить, что в других вариантах осуществления модуль 4 сбора и внутрискважинный датчик 5 (или внутрискважинный блок 4а) может быть расположен в другом затрубном пространстве в скважинной установке, не затрубном пространстве А. Более того, датчик может быть выполнен с возможностью измерения параметра в затрубном пространстве, отличающемся от того, в котором он расположен.

К примеру, такие компоненты могут располагаться в затрубном пространстве В или С, при этом датчик, расположенный, к примеру, в затрубном пространстве В может быть выполнен с возможностью измерения одного или нескольких параметров в затрубном пространстве А, В, С или любой их комбинации. Следует отметить, что это участки, на которых, в целом, невозможно, или по меньшей мере нежелательно расположение прямых кабельных соединений с поверхностью. Поэтому представленные здесь решения увеличивают возможности осуществления мониторинга, например, давления в затрубном пространстве В или С на протяжении всего периода использования скважинной установки, что было бы сложным и/или невозможным при использовании традиционных способов подачи мощности. Представленные здесь решения не нуждаются в использовании пенетраторов, проходящих через устье скважины, что снижает риск и стоимость. Они также предлагают относительно простые, аккуратные и легкие решения по установке.

На фиг. 3 показана скважинная установка, аналогичная той, что представлена на фиг. 1, но включающая в себя внутрискважинный связной повторитель 7 вместо внутрискважинного датчика. Повторитель 7 расположен в затрубном пространстве В вместе с модулем 4 сбора того же типа, как описан выше в отношении фиг. 1, 2А-2D. Здесь, опять же, модуль 4 сбора собирает мощность от токов катодной защи-



ты в металлической конструкции 2 и обеспечивает этой мощностью внутрискважинный связной повторитель 7.

Конструкция и функционирование скважинной установки, системы катодной защиты и системы подачи мощности в конфигурации, показанной на фиг. 3, по сути та же, что и в системе, описанной со ссылкой на фиг. 1, 2A-2D. Единственное отличие заключается в том, что внутрискважинный компонент, которому подается мощность от системы подачи мощности, это связной повторитель 7, а не внутрискважинный датчик 5.

В связи с этим подробное описание скважинной установки и системы подачи мощности здесь опускается в целях соблюдения краткости изложения. Для компонентов, на которые дается ссылка в отношении этого варианта осуществления, являющихся теми же компонентами, что и на фиг. 1 и 2A-2D, использованы те же ссылочные позиции.

Внутрискважинный связной повторитель 7 выполнен с возможностью улавливания сигналов от внутрискважинной металлической конструкции 2 в области повторителя 7 и передачи релевантных данных наружу, в направлении поверхности. В этом варианте осуществления сигналы подаются к внутрискважинной металлической конструкции 2 в виде электромагнитных сигналов инструментом 71 передачи, расположенным ниже в скважине, например, в эксплуатационной колонне 21. Соответственно, повторитель 7 выполнен с возможностью улавливания электромагнитных сигналов.

В альтернативных вариантах для отправки сигналов, улавливаемых повторителем, может быть предусмотрен другой тип инструмента передачи. Такой инструмент, может, например, быть размещен снаружи указанной колонны.

В альтернативных вариантах связной повторитель 7 может быть выполнен с возможностью улавливания акустических сигналов от внутрискважинной металлической конструкции 2, которые были поданы ниже внутри скважины.

Аналогичным образом внутрискважинный связной повторитель 7 может быть выполнен с возможностью подачи акустических сигналов внутрискважинной конструкции 2 для передачи в направлении поверхности или выполнен с возможностью подачи электромагнитных сигналов внутрискважинной металлической конструкции 2 для передачи на поверхность, или использования способа подачи сигнала посредством модуляции импеданса, раскрытый выше.

К примеру, связной повторитель 7 может улавливать сигналы на своем участке и передавать их по кабелю 42 модулю 4 сбора, подавая ему сигналы и осуществляя модуляцию нагрузки, которую он прикладывает на источник питания в модуле 4 сбора. Аналогичным образом модуль 4 сбора может быть выполнен с возможностью подачи сигналов металлической конструкции 2 для передачи в направлении поверхности или выполнен с возможностью модуляции нагрузки, которую он генерирует между отстоящими соединениями 41a, 41b для детектирования на поверхности верхним блоком 6 связи.

Следует отметить, что в случае наличия внутрискважинного связного повторителя 7 электромагнитные сигналы могут, например, улавливаться и/или подаваться повторителем 7 с помощью отстоящих контактов, образованных с металлической конструкцией, или с помощью индуктивного соединения, содержащего тороид, или подачи сигнала через изолирующий элемент, если он имеется, и т.д. Аналогичным образом могут использоваться традиционные способы улавливания и подачи акустических сигналов.

В альтернативных вариантах может быть предусмотрено осуществление связи с поверхности внутрь скважины к внутрискважинным участкам, и в общем случае, двусторонняя связь. Опять же, два способа осуществления связи могут использоваться параллельно по меньшей мере на одной ветви канала для обеспечения избыточности.

Следует отметить, что внутрискважинный связной повторитель 7 может быть расположен так, чтобы не находиться на пути движения продукта, не препятствуя тем самым осуществлению скважинных операций.

Ниже приведены два конкретных примера в отношении фиг. 3.

1. Повторитель 7 содержит электромагнитный повторитель, которому постоянно подается мощность, и который расположен на глубине 3-500 м, указанный повторитель либо принимает и декодирует сообщения, либо просто постоянно перенаправляет их, используя модуляцию импеданса нагрузки с высокой частотой, исходные данные/сигнал для декодировки на поверхности.

2. Повторитель 7 содержит акустический повторитель, которому постоянно подается мощность, и который расположен на глубине 3-500 м, указанный повторитель принимает и декодирует сообщения, и затем перенаправляет данные на поверхность, используя модуляцию импеданса нагрузки.

Следует отметить, что в обоих случаях повторитель 7 может располагаться во внутрискважинном блоке вместе с модулем сбора или отдельно от него. Опять же, повторитель может быть двусторонним повторителем.

В любой из систем, представленной в настоящем описании, устройства могут быть выполнены с возможностью регулирования энергетического бюджета, т.е. в целом, меньшего использования энергии за счет переменной работы компонентов, таких как электромагнитные или акустические приемники и/или передатчики.

На фиг. 4 схематически представлена скважинная установка, включающая в себя клапан с дистанционным управлением и систему подачи мощности, в целом аналогичную той, что описана выше.

Общая конструкция и функционирование скважинной установки и системы подачи мощности, опять же, по сути аналогичным тем, что описаны выше в отношении конфигураций, представленных на фиг. 1, 2А-2D. Поэтому здесь опускается детальное описание этих общих элементов для соблюдения краткости изложения, при этом для обозначения этих характеристик используются те же ссылочные позиции - общие для этих двух вариантов осуществления.

В данном варианте осуществления скважинная установка содержит первый подземный предохранительный клапан (англ. sub-surface safety valve, SSSV) с гидравлическим приводом, расположенный в эксплуатационной колонне 21, аналогично традиционным решениям.

Однако в данном случае в эксплуатационной колонне 21, ниже в скважине, также расположен дополнительный подземный предохранительный клапан 8. В представленном случае указанный подземный предохранительный клапан 8 предусматривается как дополнительное, предохранительное или аварийное средство. Однако в альтернативных вариантах подземный предохранительный клапан SSSV с гидравлическим приводом может упускаться.

Второй подземный предохранительный клапан 8 получает мощность и функционирует за счет использования системы подачи мощности. В частности, модуль 4 сбора соединяется со вторым подземным предохранительным клапаном 8 через кабель 42, при этом модуль сбора обеспечивается возможностью подачи мощности и управления сигналами, направленными ко второму подземному предохранительному клапану 8 через кабель 42. Так, от токов катодной защиты собирают энергию, и она используется как для управления вторым подземным предохранительным клапаном 8, так и для его функционирования.

Такой подземный предохранительный клапан 8 может располагаться глубже в скважине по сравнению с традиционно используемым подземным предохранительным клапаном SSSV с гидравлическим приводом. Это связано с тем, что на него не накладываются те же ограничения, что накладываются на системы с гидравлическим приводом - нет необходимости в подаче к нему гидравлической жидкости.

Следует отметить, что в данном случае сигналы управления для второго подземного предохранительного клапана 8 могут передаваться верхним блоком 6 связи через металлическую конструкцию скважины 1, 2 для детектирования модулем 4 сбора и дальнейшей передачи подземному предохранительному клапану 8. В некоторых вариантах осуществления клапан 8 может быть вынужден работать в режиме сохранности, так что клапан будет закрываться в отсутствие мощности и/или сигналов управления. Следует отметить, что в альтернативном варианте клапан 8 и модуль сбора могут быть частью общего внутрискважинного инструмента 4а. Более того, в некоторых вариантах осуществления мощность для закрытия клапана может поступать от другого источника, при поступлении мощности для управления работой и/или управления пусковым механизмом от внутрискважинной системы подачи мощности.

На фиг. 5 представлена альтернативная скважинная установка, включающая в себя аппарат мониторинга скважины. Здесь, опять же, имеются сходные черты с конфигурацией, показанной на и описанной со ссылкой на Фигуры 1, 2А-2D. Опять же, присутствует модуль 4 сбора, предусмотренный во внутрискважинной металлической конструкции 2 и соединенный с отстоящими участками на внутрискважинной конструкции 2, а также присутствует внутрискважинный датчик 5, соединенный с модулем 4 сбора. В данном случае модуль 4 сбора и внутрискважинный датчик 5, оба, расположены в затрубном пространстве В для обеспечения осуществления мониторинга условий в указанном затрубном пространстве. Внутрискважинный датчик 5 может, например, содержать сенсор давления и/или температуры.

В данном случае отстоящие участки 41а, 41b расположены на разных секциях внутрискважинной металлической конструкции 2. В частности, в данном варианте осуществления первое из соединений 41а образовано со второй обсадной трубой 23, при этом другие из соединений 41b образованы с первой обсадной трубой 22. Указанная система работает, следуя похожему принципу, что описан выше, и поэтому ее работа основана на разности потенциалов, присутствующей между двумя указанными соединениями 41а, 41b. В данном варианте осуществления указанная разность потенциалов реализована за счет изолирования двух секций металлической конструкции 22, 23 друг от друга по меньшей мере в области указанных соединений. Это значит, что для токов катодной защиты имеются разные пути к земле от указанных двух секций металлической конструкции 22, 23. В настоящем варианте осуществления средства изоляции указанных двух секций металлической конструкции 22, 23 друг от друга включают в себя изолирующее покрытие 91, предусмотренное на наружной поверхности первой обсадной трубы 22 и множество изолирующих центраторов 92, предусмотренных на первой обсадной трубе 22 для удержания ее на расстоянии от второй обсадной трубы 23.

Предпочтительно, чтобы эта изоляция 91 и эти центраторы 92 располагались на расстоянии по меньшей мере 100 м вдоль первой обсадной трубы 22, а более вероятно - на расстоянии 300-500 м. Там, где это предпочтительно или практически выгодно, на наружной секции металлической конструкции могут быть установлены изолирующие разделители, формирующие затрубное пространство. К примеру, они могут быть установлены на второй обсадной трубе 23 в приведенном выше примере. Следует отметить, что изоляция не обязательно должна быть полностью сплошной для обеспечения положительного эффекта. Целью является создание другой траектории к земле. Несмотря на то, что изоляция может быть

предусмотрена на расстоянии в 100 м, она может быть как сплошной, так и может обеспечивать сплошное изолирование на протяжении всей дистанции.

Преимуществом конфигурации, показанной на фиг. 5, является отсутствие необходимости в больших длинах кабеля 41 между модулем 4 сбора и металлической конструкцией 2, необходимых в конфигурации, показанной на фиг. 1. Это означает, что система может быть более простой в плане установки. Например, установка указанной системы может осуществляться монтажом корпуса модуля 4 сбора на отрезке металлической трубы, обеспеченного скользящим контактом для создания контакта с другим отрезком трубы через затрубное пространство. Для дальнейшего упрощения позиционирования внутрискважинный датчик 5 может упускаться, а сенсор может располагаться вместе с модулем 4 сбора во внутрискважинном блоке 4а. Такая конфигурация может сократить время монтажа, необходимое для установки.

Так, в некоторых обстоятельствах наличие средств 91, 92 изоляции может быть предпочтительней, чем наличие кабелей 41. Какая система предпочтительней для конкретной установки может определяться внешними факторами, касающимися установки, или, возможно, моделированием конкретной установки.

В типичном случае, однако, конфигурация, представленная на фиг. 1, вероятно, будет лучше в работе, чем представленная на фиг. 5, в случае, когда ее применение практически осуществимо.

В конфигурации, аналогичной той, что показана на фиг. 5, модуль сбора может наблюдать относительно более высокий ток, но относительно более низкую разность потенциалов. Так, в конфигурации на фиг. 5 разность потенциалов может быть, например, 10-20 мВ, а ток, например, составлять 1 А. С другой стороны, в конфигурации на фиг. 1 разность потенциалов может быть, например, 100-200 мВ, а ток, например, составлять 100-150 мА. Более высокое значение разности потенциалов достигается за счет большего расстояния, обеспеченного кабелем (кабелями) 41 в конфигурации на фиг. 1, а более низкое значение тока вызвано сопротивлением кабеля (кабелей).

Помимо указанного отличия в том, как соединения образованы и как достигается разность потенциалов, а также отличий в преимуществах и недостатках использования, конструкция и функционирование системы, представленной на фиг. 5, похожа на ту, что представлена на фиг. 1. Аналогично, различные альтернативы, описанные выше в отношении фигур 1-4, также применимы там, где используется система, представленная на фиг. 5.

Следует отметить, что конфигурация изоляции и соединений, представленная на фиг. 5, может быть использована в каждом из вариантов осуществления, представленном на фиг. 1, 3 и 4. При этом, аналогично, различные формы модуля 4 сбора и внутрискважинного блока 4а, описанные выше, могут быть использованы в конфигурации, аналогичной той, что показана на фиг. 5.

Следует отметить, что в некоторых обстоятельствах может быть предпочтительным использование имеющихся систем подачи мощности для создания скважинной установки, готовой к беспроводной связи, даже в отсутствие намерения использовать беспроводные возможности при изначальном монтаже указанной скважины.

Поэтому конфигурация, показанная на фиг. 3, где связной повторитель 7 и соответствующая система подачи мощности включены в затрубное пространство В, может быть обеспечена во время изначального монтажа скважины для того, чтобы сделать скважину готовой к беспроводной связи. Это обеспечит связь с поверхностью, если позднее будет принято решение об использовании, например, внутрискважинного беспроводного инструмента 71 подачи сигнала для подачи сигнала на поверхность. Следует также отметить, что термин "беспроводной" используется в отношении пространств между внутрискважинным пространством и наружным пространством - т.е. касается отсутствия кабелей/проводов, проходящих через устье скважины.

В других обстоятельствах представленные здесь системы могут быть установлены постфактум. Например, система, аналогично той, что представлена на фиг. 1, установленная в затрубном пространстве А, может быть установлена постфактум при замене эксплуатационной колонны. В другом случае система может быть установлена в главном стволе эксплуатационной колонны. Следует отметить, что каждая из конфигураций и решений, представленных в настоящем описании, не нуждается в кабеле, проходящим через устье 1 скважины. Поэтому эти системы могут использоваться там, где нет доступного пенетратора, или его использование не предпочтительно.

В то время как конфигурация, представленная на фиг. 4, иллюстрирует наличие дополнительного подземного предохранительного клапана 8, в других обстоятельствах может быть предусмотрен другой тип (возможно управляемый дистанционно) клапана или компонента. Например, конфигурация, аналогичная той, что показана на фиг. 4, может использоваться с затрубным дренажным клапаном, предусмотренным в скважине для обеспечения возможности регулируемой гидравлической связи или вентилирования между одним затрубным пространством и другим затрубным пространством, или между затрубным пространством и стволом скважины. Указанный клапан может содержать клапан закачки газлифтного газа для обеспечения возможности газу проникнуть в ствол эксплуатационной колонны из затрубного пространства А. Аналогично, клапан может быть пакером или клапаном через пакер, или клапаном в обход пакера. Опять же, для обеспечения вентилизации конкретного затрубного пространства под управлением, поступающим с поверхности. В другом примере клапан может содержать клапан управления

расходом, например, для управления долей от некоторой зоны, либо он может предоставлять средства для обеспечения возможности улучшенного сбора данных о росте давления за счет избавления от эффекта объема ствола скважины. Следует отметить, что клапан в каждом из случаев может быть клапаном управления расходом, который не обеспечивает возможность полного перекрытия потока, но, например, может функционировать, как штуцер переменного диаметра.

Клапан или компонент в каждом примере может быть клапаном или компонентом, управляемым с помощью беспроводной связи.

В другом альтернативном варианте представленные здесь решения могут использоваться для осуществления связи с инструментом и/или управления инструментом, поддерживаемым проводной линией/одножильным проводом, или прикрепленным к гибкой колонне типа "колтюбинг" в эксплуатационной колонне 21. Такой инструмент может быть выполнен с возможностью подачи сигналов на и/или улавливания сигналов от указанной колонны, при этом указанные сигналы проходят через повторитель 7.

С системами, аналогичными той, что описана здесь, может быть обеспечена возможность извлечения мощности на вероятном уровне в 50 мВт. То есть количество мощности, которое может быть извлечено, не обязательно является большим, но, что в данном случае представляет интерес, это то, что эта мощность может быть доступна на протяжении всего периода "жизни" скважины, и его достаточно для выполнения полезных функций, таких как управление внутрискважинными устройствами, выполнение важных измерений и обеспечение возможности передачи указанных измерений на поверхность.

Следует отметить, что, в целом, в вариантах осуществления общего типа, представленных на фиг. 1-4, наибольшее влияние на эффективность сбора будет иметь площадь поперечного сечения кабеля (кабелей) 41, и то, что импеданс источника, обеспеченный соединениями 41a и 41b, низкий. Это означает, что при включении множественных систем сбора в одну скважинную установку, происходит небольшое снижение в эффективности любого из модулей 4 сбора. Следует отметить, что, в целом, любая дополнительная система сбора будет иметь свои собственные кабели 41, когда это целесообразно. Это полагается на том факте, что потери в кабеле означают, что наличие большего количества систем сбора, имеющих один и тот же кабель, не приносят большую пользу.

В целом, в одной скважинной установке может быть предусмотрено несколько модулей сбора любого типа из тех, что описаны выше. Так, например, для осуществления мониторинга условий в эксплуатационной колонне может быть предусмотрен один датчик, один датчик может быть предусмотрен для осуществления мониторинга затрубного пространства, кроме того может быть предусмотрен один клапан, при этом все из перечисленных устройств питаются от отдельного, соответствующего, модуля сбора. Аналогично, любой из модулей сбора может использоваться для подачи мощности нескольким устройствам. В некоторых примерах каждое устройство может иметь специально предназначенный кабель, идущий от такого модуля сбора. В других примерах может быть предусмотрена многоточечная система, в которой один кабель от модуля сбора используется для соединения с несколькими внутрискважинными устройствами. Многоточечная система может быть предназначена для обеспечения возможности подачи мощности и осуществления связи с несколькими внутрискважинными устройствами. Так, указанный кабель может нести сигналы мощности, передаваемые данные и адресную информацию. Также модуль сбора может быть выполнен с возможностью администрирования многоточечной системы.

Следует отметить, что в то время как в вариантах осуществления, представленных выше, кабели 41, 42 проходят через незагороженные затрубные пространства, в других случаях один или несколько кабелей 41, 42 могут проходить через пакер (включая разбухающий пакер), цемент или другое затрубное устройство герметизации.

Следует отметить, что по меньшей мере в некоторых случаях характеристики представленных здесь систем и аппаратов могут принимать распределенную форму. Это означает, что, например, модуль сбора может быть представлен в виде нескольких отдельных частей, компонентов, или подмодулей, которые могут быть расположены на разных участках.

На фиг. 6 представлена альтернативная скважинная установка, которая имеет похожие черты с установкой, представленной на фиг. 1, причем здесь использованы те же ссылочные позиции для обозначения характеристик, общих с фиг. 1, при этом детальное описание указанных общих характеристик опускается.

Скважинная установка, представленная на фиг. 6, помогает более детально проиллюстрировать некоторые альтернативные варианты, описанные выше, в отношении скважинных установок, представленных на и описанных в отношении фиг. 1-5.

Скважинная установка включает в себя аппарат мониторинга аналогично тому, что представлен на фиг. 1. Поэтому здесь есть модуль 4 сбора, соединенный посредством кабелей 41 с парой отстоящих участков 41a и 41b. Однако в данном случае первый из участков 41a расположен на эксплуатационной колонне 21, и поэтому первый из кабелей 41 соединяется с эксплуатационной колонной, в то время как второй из отстоящих участков 41b расположен на обсадной трубе 22. Так, между соединениями 41a, 41b обеспечивается расстояние как по оси, так и радиально, и поэтому модуль 4 сбора соединен через затрубное пространство А. Более того, на эксплуатационной колонне 21 в области второго соединения 41b

расположена изоляция 91, проходящая по оси по обе стороны от него. Следует отметить, что в другом альтернативном варианте одно соединение вероятнее может быть с породой, а не с металлической конструкцией. В некоторых случаях все аппараты системы подачи мощности могут находиться снаружи обсадной трубы - т.е. между обсадной трубой и породой. Такой вариант, в целом, будет непредпочтительным с точки зрения риска/сложности установки, но он возможен.

Кроме того, в настоящем варианте осуществления предусмотрены второй и третий модули 4' и 4" сбора (являющиеся частью соответствующих внутрискважинных блоков), расположенные в затрубном пространстве А. В таком варианте осуществления каждый из указанных других модулей 4', 4" сбора использует тот же первый кабель 41. Так, один из терминалов каждого из модулей 4', 4" сбора соединяется с первой точкой 41а соединения. Следует отметить, что в других вариантах осуществления для создания таких соединений с первой точкой соединения могут использоваться отдельные кабели, и такой вариант будет предпочтительным, так как он приведен к повышению эффективности. Использование единственного верхнего кабеля, как показано, нежелательно, но помогает упростить изображение. В некоторых случаях может быть предусмотрено несколько модулей сбора, распределенных в разных затрубных пространствах.

В настоящем варианте осуществления первый модуль 4 сбора соединяется с внутрискважинным датчиком 5 посредством вторичного кабеля 42, аналогично вариантам осуществления, представленным на фиг. 1. Однако здесь внутрискважинный датчик 5 расположен ниже пакера ПР, а кабель 42 проходит через него. Датчик 5 в данном случае выполнен с возможностью осуществления измерений условий давления и/или температуры внутри эксплуатационной колонны 21 через порт 21а, предусмотренный в стенке эксплуатационной колонны 21. То есть, несмотря на то, что внутрискважинный датчик 5 расположен в затрубном пространстве А, он выполнен с возможностью измерения параметров внутри эксплуатационной колонны 21.

Более того, в указанном варианте осуществления предусмотрены второй и третий внутрискважинные датчики 5' и 5". В указанном варианте осуществления каждый из внутрискважинных датчиков 5, 5', 5" соединен с модулем 4 сбора посредством одного и того же вторичного кабеля 42. Этот вариант представляет собой многоточечную систему, а кабель 42 используется для переноса сигналов мощности, сигналов управления, данных о параметрах и адресной информации, для обеспечения возможности подачи мощности каждому из датчиков 5, 5', 5" и извлечения из них показаний.

Следует отметить, что в альтернативных вариантах осуществления некоторое число внутрискважинных датчиков или других внутрискважинных устройств вероятнее будет питаться от одного модуля 4 сбора посредством отдельных, специально предназначенных, кабелей 42, чем единственным кабелем, как показано в настоящем варианте осуществления. Более того, как упоминалось выше, в то время как в настоящем варианте осуществления предусматривается несколько датчиков, отходящих от одного модуля сбора, в других вариантах осуществления один модуль сбора может использоваться для подачи мощности разным типам внутрискважинных устройств. Так, один модуль сбора, например, может использоваться для подачи мощности внутрискважинному датчику, внутрискважинному повторителю и внутрискважинному клапану.

В настоящем варианте осуществления второй модуль 4' сбора представляет собой часть внутрискважинного инструмента, который содержит оба элемента: модуль сбора и сенсор. В настоящем варианте осуществления сенсор выполнен с возможностью измерения параметров в затрубном пространстве В через порт 22а, предусмотренный в первой обсадной трубе 22. Так, например, сенсор во втором модуле 4' сбора может быть выполнен с возможностью измерения давления и/или температуры в затрубном пространстве В.

Более того, в настоящем варианте осуществления третий модуль 4" сбора тоже представляет собой часть внутрискважинного инструмента, который в данном случае содержит модуль сбора и блок связи для осуществления связи с сенсорами 605, расположенными в затрубном пространстве В и затрубном пространстве С. Здесь связь между сенсорами 605 и вторым модулем 4" сбора обеспечивается с помощью беспроводных средств. К примеру, может быть предусмотрена индуктивная подача сигнала или подача акустического сигнала между сенсорами 605 и модулем 4" сбора. Сенсоры 605 могут быть физически расположены так близко, как это возможно, по отношению к модулю 4" сбора.

Должно быть понятно, что как только данные достигают верхнего блока 6 связи, они могут быть переданы наружу, на необходимый участок, используя стандартные методы связи, такие как методы мобильной связи, интернет и т.д., на рабочее место РМ для последующей обработки и/или изучения. Конечно, также могут быть предусмотрены проводные соединения между рабочим местом и верхним блоком 6 связи.

Более того, данные также могут быть отправлены от рабочего места РМ верхнему узлу 6 связи для передачи внутрь скважины. Так, например, сигналы управления могут быть переданы с рабочего места РМ через верхний блок 6 связи внутрь скважины для управления работой модуля сбора, или сенсора, или внутрискважинного клапана, или повторителя, и т.д., таким образом внутри скважины могут быть отправлены любые необходимые данные.

В другом альтернативном варианте снаружи самой наружной обсадной трубы, например, третьей

обсадной трубы 24 в варианте осуществления, представленном на фиг. 6, в области около устья 1 скважины может быть предусмотрена изоляция. Она может способствовать подаче максимально отрицательного потенциала, вызванного токами катодной защиты, глубже внутрь скважины. Это обеспечивается за счет минимизирования утечек в области около устья скважины. Поэтому наличие изоляции на самой наружной обсадной трубе может помочь обеспечить возможность расположения самого верхнего соединения 41а ниже, избегая при этом значительного снижения эффективности системы. Если посмотреть на кривую снижения потенциала, за счет наличия изоляции на самой наружной обсадной трубе 24 отрицательный потенциал может снижаться в изолированной области около устья скважины очень медленно, а затем может начать снижаться быстрее после достижения неизолированной области.

Фиг. 7 представляет собой график, показывающий пример того, как оптимальная мощность, доступная для сбора в скважинной установке, изменяется с глубиной скважины. Как отмечалось выше, из-за увеличения разности потенциалов, обеспеченного увеличением расстояния между соединениями, с одной стороны, и сопротивления кабеля, с другой стороны, имеет место некая оптимальная глубина для нижнего соединения 41b, или, иначе говоря, оптимальное расстояние между двумя соединениями 41а и 41b. График, показанный на фиг. 7, относится к расположению, в котором верхнее соединение 41а примерно на 5 метров ниже устья скважины, то есть находится в области подвешенного устройства хвостовика. В этом примере можно видеть, что оптимальная глубина нижнего соединения находится в районе 550 м внутри скважины. Однако можно также заметить, что значительная часть оптимальной мощности может быть получена на глубинах около 300 и 950 м. В общем случае будет предпочтительней минимизировать длину кабеля, достигая сбор оптимальной мощности, что предусматривает минимизирование глубины второго соединения. Однако могут быть обстоятельства, в которых может использоваться преимущество расположения модуля сбора глубже внутри скважины.

Оптимальное расположение для верхнего соединения может зависеть от того, где вводится ток катодной защиты (или другой ток), и где указанный ток максимален, или потенциал, вызванный током, максимален. Представленные здесь способы и системы включают в себя этапы, на которых сначала определяют, где подаваемый ток (или потенциал) имеет максимальное значение, и выбирают участок для верхнего соединения в зависимости от этого.

Верхнее соединение может находиться в пределах 100 м от поверхности, предпочтительно в пределах 50 м, если скважина представляет собой материковую скважину.

Верхнее соединение может находиться в пределах 100 м от уровня дна, предпочтительно в пределах 50 м, если скважина представляет собой подводную скважину.

Как отмечалось выше, хотя приведенное выше описание ссылается на сбор от токов катодной защиты, и хотя такой вариант является предпочтительным, при наличии других токов в металлической конструкции они могут быть аналогичным образом использованы.

Следует отметить, что, хотя выше приведены некоторые конкретные примеры, в целом, любой из компонентов системы может быть расположен в любом доступном затрубном пространстве.

Когда в описании выше упоминается оптимизация моделированием, например, в отношении расстояния, на которое отстоят соединения, использования изоляции, выбора только радиального или аксиального расстояния, на которое отстоят соединения, и выбора заданной нагрузки сбора, в такой модели может использоваться по меньшей мере один из следующих параметров:

1. Скорость затухания наверху скважины, выведенная из размеров обсадных труб и размеров трубчатых элементов, веса, и типа материала (удельного сопротивления) и удельного сопротивления покрывающей толщи (среды, окружающей скважину).

2. Расположение верхнего соединения.

3. Расположение нижнего соединения.

4. Площадь поперечного сечения и тип материала (удельное сопротивление) верхнего кабеля, используемого на входах к собирателю.

5. Число, расположение, материал (электропотенциал) и площадь поверхности анодов устья скважины.

6. Действующее сопротивление скважины на уровне морского дна/устье скважины, также выведенное из размеров обсадных труб и размеров трубчатых элементов, веса, и типа материала (удельного сопротивления) и удельного сопротивления покрывающей толщи (среды, окружающей скважину), но в этот раз для всей конструкции скважины.

В конкретных примерах представленных выше систем кабель или кабели 41, используемые для соединения модуля сбора с конструкцией/окружающим пространством, могут иметь площадь поперечного сечения равную, например, 10-140 мм<sup>2</sup>. 10 мм<sup>2</sup> может считаться нижней границей предпочтительного для функционирования размера кабеля. Обычно предпочтительной будет большая площадь поперечного сечения. Кабель 140мм<sup>2</sup> может быть плоским кабелем типа Kerite (RTM) LTF3. Он соответствует верхней границе того, что в настоящий момент доступно на рынке, но могут быть использованы и большие размеры, если они доступны.

Фиг. 8 представляет собой блок-схему, изображающую процесс оптимизации сбора энергии модулем сбора, раскрытым выше.

На этапе 801 преобразователь 44 постоянного тока запускается, используя изначальные настройки/конфигурацию, и подает доступную энергию средствам 45 накопления заряда.

На этапе 802 определяют, имеет ли место достаточное напряжение для подачи мощности микропроцессору в центральном блоке 46. Если ответ "нет", то этап 802 повторяют до тех пор, пока ответ не станет "да", а когда ответ становится "да", процесс переходит на этап 803, на котором микропроцессору в центральном блоке 46 подают мощность.

Затем на этапе 804 микропроцессор измеряет выход мощности от собирателя энергии, и на этапе 805 микропроцессор модифицирует настройки преобразователя 44 постоянного тока для небольшого увеличения нагрузки. Далее, на этапе 806, определяют, приводит ли это к увеличению выхода от собирателя. Если ответ "да", то процесс возвращается обратно на стадию до этапа 805, чтобы настройки преобразователя 44 постоянного тока могли быть снова изменены для небольшого увеличения нагрузки.

С другой стороны, если на этапе 806 определяют, что выход не увеличился, тогда процесс переходит к этапу 807, на котором микропроцессор модифицирует настройки преобразователя 44 постоянного тока на небольшое уменьшение нагрузки, и процесс возвращается на стадию до этапа 806, чтобы определить, привело ли это к увеличению выхода.

После этого этапы 805, 806 и 807 попеременно повторяются во время сбора энергии, так что нагрузка постепенно увеличивается и уменьшается в зависимости от результата, полученного на этапе 806. Это приводит к динамической оптимизации сбора мощности.

Как упоминалось выше, когда преобразователь 44 постоянного тока использует полевой транзистор и сопутствующий трансформатор, этап изменения настроек преобразователя постоянного тока на этапах 805 и 807 может содержать этап смены ответвления, используемого на вторичном трансформаторе, для модифицирования должным образом нагрузки. Это также справедливо в случае, когда переменный трансформатор оснащен Н-мостом, представленным на фиг. 2D. В альтернативном варианте в таком случае для варьирования нагрузки может быть отрегулирован режим работы транзисторов в Н-мосте.

На фиг. 9 представлена блок-схема, иллюстрирующая функционирование внутрискважинного блока 4а аналогично тому, что описан выше.

На этапе 901 определяют, достаточно ли мощности для подачи мощности процессору в центральном блоке 46. Если ответ "нет", то процесс остается на том же этапе до тех пор, пока мощности не станет достаточно.

Когда мощности становится достаточно, процесс переходит на этап 902, на котором определяют, получена ли команда или требуется ли отправка запланированного набора данных. Если ответ "нет", то процесс остается в том же состоянии определения того, требуется ли выполнение некоторого действия, пока не наступит момент, на котором выполнение действия потребуется.

Когда действие требуется, процесс переходит на этап 903, на котором в соответствии с требованием восстанавливают данные от сенсора или запоминающего устройства, а нагрузка, представленная собирателем энергии между соединениями 41а, модулируется для кодировки этих данных.

Отдельно, в устье скважины на этапе 904 осуществляют мониторинг потенциала напряжения устья скважины, и данные декодируют во втором микропроцессоре. Затем, на этапе 905, извлеченные данные могут быть экспортированы или заново переданы клиенту, например, посредством подводной акустической линии или канала коммуникации.

Фиг. 10 иллюстрирует скважинную установку, включающую в себя платформу 1000. Устье 1 скважины расположено на площадке 1001 платформы 1000. В данном случае металлическая конструкция включает в себя райзер 1002 между уровнем дна и платформой 1001. Эксплуатационная колонна 21 проходит в райзере 1002 внутрь скважины. Внутри скважины предусмотрены обсадные трубы 22, 23. Самая внутренняя обсадная труба 22 является продолжением райзера 1002. На платформенной конструкции 1000 предусмотрены аноды 3В катодной защиты. Между платформой и внутрискважинной конструкцией 2 (обсадной трубой и эксплуатационной колонной) будет иметь место электрическое соединение. Оно может обеспечиваться через опорную плиту 1003 для бурения и/или через устье скважины, райзер и другие компоненты, такие как направляющие райзера. В таких случаях может быть сложно узнать, где сделать верхнее соединение конструкции сбора, аналогично той, что представлена на фиг. 1, 3, 4 или 6, для обеспечения наилучшей эффективности. Не всегда будет известно, где ток катодной защиты будет введен в проводящую трубу (секции удлиненных элементов), которая проходит внутрь скважины. Как упоминалось выше, может быть предпочтительным создание верхнего соединения в непосредственной близости к участку, на котором вводится ток катодной защиты. При стремлении к оптимизации одной из опций будет управление этой точкой ввода - т.е. гарантирование гальванического соединения в известной точке. Другой альтернативой будет обеспечение системы множеством альтернативных точек верхнего соединения для модуля сбора и обеспечение возможности выбора наиболее эффективной точки соединения после установки. Обычно в таком случае система подачи мощности будет установлена со множеством верхних кабельных соединений с металлической конструкцией, при этом наиболее эффективный выбирается, например, управлением переключателя под управлением центрального блока.

#### **Альтернативы для сигнала, устройства и сенсора**

Выше описаны разнообразные конкретные решения для подачи сигнала. Во избежание сомнений

следует заметить, что большой спектр решений подачи сигнала может использоваться как отдельно, так и в комбинации с разнообразными частями сигнального канала в системах, аналогичным тем, что здесь описаны. Так, беспроводные сигналы могут передаваться по меньшей мере в одной из следующих форм: электромагнитной, акустической, через индуктивно связанные трубчатые элементы и закодированными импульсами давления, при этом ссылки на беспроводной характер передачи относятся к указанным формам, в отсутствие утверждения об обратном.

Сигналы, в отсутствие утверждения об обратном, могут включать в себя сигналы управления и сигналы данных. Сигналы управления могут управлять работой внутрискважинных устройств, включая сенсоры. Данные от сенсоров могут передаваться в ответ на сигнал управления. Более того, получение данных и/или передача параметров, например, получение и/или передача скорости или разрешения, может меняться соответствующими сигналами управления.

Импульсы давления включают в себя способы осуществления связи от/с пространств(а/ом) скважины/ствол(а/ом) скважины, по меньшей мере от/с одн(ого/им) из более глубоко расположенных участков в скважине/стволе скважины, и поверхностью скважины/ствола скважины, используя положительные и/или отрицательные изменения давления, и/или изменения расхода потока текучей среды в трубчатом элементе и/или затрубном пространстве.

Закодированные импульсы давления представляют собой импульсы давления, для которых была использована схема модуляции для кодировки команд и/или данных в изменениях давления и/или расхода потока. При этом в скважине/стволе скважины используется преобразователь для детектирования и/или генерирования указанных изменений, и/или в скважине/стволе скважины используется электронная система для кодировки и/или декодировки команд и/или данных. Так, импульсы давления, используемые вместе с электронным внутрискважинным/стволовым интерфейсом, определены здесь как закодированные импульсы давления. Преимуществом закодированных импульсов давления, аналогично тем, что определены здесь, является то, что они могут быть отправлены на электронные интерфейсы и могут обеспечить лучшую скорость передачи и/или диапазон, чем импульсы давления, отправленные на механические интерфейсы.

Там, где для передачи сигналов управления используются закодированные импульсы давления, могут использоваться разнообразные схемы модуляции для кодировки сигналов управления, к примеру, изменение давления или скорость изменения давления, амплитудная манипуляция (англ. on/off keyed, ООК), фазово-импульсная модуляция (англ. pulse position modulation, PPM), модуляция ширины импульса (англ. pulse width modulation, PWM), манипуляция путем сдвига частоты (англ. frequency shift keying, FSK), манипуляция путем сдвига давления (англ. pressure shift keying, PSK), манипуляция путем сдвига амплитуды (англ. amplitude shift keying, ASK), могут использоваться комбинации схем модуляции, например, ООК-PPM-PWM. Скорости передачи схем модуляции закодированного давления обычно низкие, и обычно составляют менее 10 бит/с, а могут составлять менее 0,1 бит/с.

Закодированные импульсы давления могут быть индуцированы в статичных или текущих жидких средах, и могут быть детектированы напрямую или косвенно измерением изменения давления и/или расхода потока. Жидкие среды включают в себя жидкости, газы и мультифазные жидкие среды, а могут быть жидкими средами статического управления, и/или жидкими средами, произведенными скважиной или введенными в скважину.

Беспроводные сигналы могут быть способны проходить через барьер, такой как заглушка или затрубное устройство герметизации, когда оно фиксировано на месте. Поэтому беспроводные сигналы могут передаваться по меньшей мере в следующих формах: в форме электромагнитного, акустического сигнала или индуктивно соединенными трубчатыми элементами.

Электромагнитная/акустическая подача и подача закодированных импульсов давления используют скважину, ствол скважины и породу в качестве среды для передачи. Электромагнитный/акустический сигнал или сигнал давления могут быть отправлены из скважины, или с поверхности. При подаче в скважине электромагнитный/акустический сигнал может быть способен проходить через любое затрубное устройство герметизации, хотя в некоторых вариантах осуществления он может проходить в обход, например, вокруг любого затрубного устройства герметизации.

Электромагнитные и акустические сигналы полезны, так как они могут осуществлять передачу через/сквозь затрубное устройство герметизации без специальной инфраструктуры индуктивно соединенных трубчатых элементов, а в случае передачи данных количество информации, которое может быть передано, обычно больше в сравнении с подачей закодированных импульсов давления, особенно при получении данных из скважины.

При использовании индуктивно соединенных трубчатых элементов обычно предусматривается по меньшей мере десять, обычно гораздо больше, отдельных отрезков индуктивно соединенных трубчатых элементов, которые во время использования соединены вместе для формирования колонны индуктивно соединенных трубчатых элементов. Они имеют цельный провод и могут иметь вид трубчатых элементов, таких как эксплуатационная труба, бурильная труба или обсадная труба. На каждом соединении соседних отрезков имеет место индуктивное соединение. Используемые индуктивно соединенные трубчатые элементы могут быть предоставлены компанией NOV под брендом Intellipipe®.



Так, электромагнитные/акустические или беспроводные сигналы давления могут передаваться на относительно большие расстояния в виде беспроводных сигналов, отправленных на расстояние по меньшей мере 200 м, опционально - более чем на 400 м или дальше, что, очевидно, является преимуществом перед сигналами малой дальности. Индуктивно соединенные трубчатые элементы имеют преимущество/эффект за счет комбинации цельного провода и индуктивных соединений. Проходимое расстояние может быть гораздо больше в зависимости от длины скважины.

Данные и команды в сигналах могут быть ретранслированы или переданы другими средствами. Так, беспроводные сигналы могут быть конвертированы в другие типы беспроводных или проводных сигналов, опционально ретранслированы, теми же или другими способами, например, гидравлическими, электрическими и волоконно-оптическими линиями. Например, сигналы могут быть переданы через кабель на первое расстояние, например, свыше 400 м, а затем переданы посредством акустической или электромагнитной связи на меньшее расстояние, например, 200 м. В другом примере они могут быть переданы на расстояние в 500 м с помощью отправки закодированных импульсов давления, а затем на 1000 м с помощью гидравлической линии.

В дополнение к беспроводным средствам для передачи сигнала могут использоваться проводные средства. Расстояние, проходимое сигналами, зависит от глубины скважины, зачастую беспроводной сигнал, включая повторители, но исключая любую не беспроводную передачу, проходит более 1000 м, или более 2000 м.

Различные беспроводные сигналы могут использоваться в одной и той же скважине для осуществления связи из скважины в направлении поверхности, и для осуществления связи с поверхности в скважину.

Беспроводные сигналы могут быть отправлены связанному устройству напрямую или не напрямую, например, за счет использования внутрискважинных реле над и/или под любым затрубным устройством герметизации. Беспроводной сигнал может быть отправлен с поверхности или с секции проводной линии/гибкой колонны типа "колтюбинг" (или подъемника) в любой точке скважины, опционально - выше любого затрубного устройства герметизации.

Акустические сигналы и связь может включать в себя передачу через вибрацию конструкции скважины, включая трубы, обсадную трубу, хвостовик, бурильную трубу, бурильные муфты, колонну, гибкую колонну типа "колтюбинг", насосную штангу, внутрискважинные инструменты; передачу через жидкую среду (включая передачу через газ), включая передачу через жидкую среду в секциях скважины без обсадной трубы, внутри труб, внутри затрубных пространств; передачу через статические или текущие жидкие среды; механическую передачу через проводную линию, одножильный провод или гибкую проволоку; передачу через землю; передачу через оборудование устья скважины. Осуществление связи через конструкцию и/или через жидкую среду является предпочтительным.

Акустическая передача может быть низкочастотной (<20 Гц), может находиться в пределах слышимого диапазона (20 Гц - 20 кГц), и иметь ультразвуковые частоты (20 кГц- 2 МГц). Предпочтительно, чтобы акустическая передача находилась в пределах слышимого диапазона (20 Гц - 20 кГц).

Акустические сигналы и связь могут включать в себя способы модуляции, такие как манипуляция путем сдвига частоты (англ. Frequency Shift Keying, FSK) и/или манипуляция путем сдвига фазы (англ. Phase Shift Keying, PSK), и/или более продвинутые производные указанных способов, такие как квадратурная манипуляция путем сдвига фазы (англ. Quadrature Phase Shift Keying, QPSK) или квадратурная амплитудная манипуляция (англ. Quadrature Amplitude Modulation, QAM), и предпочтительно включение способов передачи сигнала с расширенным спектром (англ. Spread Spectrum Techniques). Обычно они адаптированы для автоматической настройки частот передачи сигнала и способов для приведения в соответствие условиям в скважине.

Акустические сигналы и связь могут быть однонаправленными или двунаправленными. Для отправки и/или получения сигнала могут использоваться пьезоэлектрический, индуктивный преобразователь или магнитострикционные преобразователи.

Электромагнитная (иногда называемая квазистатической (англ. Quasi-Static, QS) беспроводная связь обычно находится в следующих частотных диапазонах (выбранных на основании характеристик распространения):

диапазон ниже сверхнизкой частоты (ниже-СНЧ) (экстремально низкая частота) <3 Гц (обычно выше 0,01 Гц);

СНЧ (сверхнизкая частота) 3-30 Гц;

супернизкая частота 30-300 Гц;

УНЧ (ультранизкая частота) 300 Гц - 3 кГц; и,

ОНЧ (очень низкая частота) 3 кГц - 30 кГц.

Исключением для вышеописанных частот является электромагнитная связь, использующая трубу, в виде волновода, в частности, но не ограничиваясь этим, когда труба наполнена газом, при этом обычно могут использоваться частоты от 30 кГц до 30 ГГц в зависимости от размеров трубы, жидкой среды в трубе, и диапазона связи. Жидкая среда в трубе предпочтительно является непроводящей. Патент US 5,831,549 раскрывает систему дистанционного измерения, включающую в себя гигагерцовую передачу в

наполненном газом волноводе трубчатой формы.

Диапазоны ниже-СНЧ и/или СНЧ полезны для связи из скважины на поверхность (например, на расстояние свыше 100 м). Для более локальной связи, например, на расстоянии менее 10 м, полезен диапазон ОНЧ. Терминология, используемая здесь для указанных диапазонов, определена Международным Союзом Электросвязи (англ. International Telecommunication Union, ITU).

Электромагнитная связь может включать в себя передачу сообщений посредством одного или нескольких способов: наложением модулированного тока на удлиненный элемент и использованием земли для замыкания контура; передачей тока в один трубчатый элемент и обеспечением траектории возврата во втором трубчатом элементе; использованием второй скважины в качестве части траектории тока; передачей на площадь около месторождения или удаленную от месторождения; создавая петлю тока в части металлической конструкции скважины для создания разности потенциалов между металлической конструкцией и землей; использованием отстоящих контактов для создания электрического дипольного передатчика; использованием тороидального трансформатора для наложения тока на металлическую конструкцию скважины; использованием изолирующего блока; рамочной антенны для создания модулированного магнитного поля, варьированного во времени, или посредством передачи через породу; передачи в обсадной трубе скважины; использованием удлиненного элемента и земли в качестве соосной линии передачи; использованием трубчатого элемента в качестве волновода; передачей снаружи обсадной трубы скважины.

Особенно полезным является наложение модулированного тока на удлиненный элемент и использование земли для замыкания; создание петли тока в части металлической конструкции скважины для создания разности потенциалов между металлической конструкцией и землей; использование отстоящих контактов для создания электрического дипольного передатчика; и использование тороидального трансформатора для наложения тока на металлическую конструкцию скважины.

Для эффективного управления током и его направления может использоваться множество разнообразных решений. Например, одно или несколько из следующих: использование изолирующего покрытия или разделителей на трубчатых элементах скважины; выбор жидких сред управления скважины или цемента в или снаружи трубчатых элементов для электрического соединения с трубчатыми элементами или изоляции трубчатых элементов; использование тороида высокой магнитной проницаемости для создания индукции и как следствие импеданса; использование изолированного провода, кабеля или изолированного удлиненного проводника, как часть траектории передачи или антенны; использование трубчатого элемента в качестве круглого волновода, использование диапазонов сверхвысоких частот (3 ГГц - 30 ГГц) и ультравысоких частот (300 МГц - 3 ГГц).

Для получения переданного сигнала могут использоваться различные способы, они могут включать в себя детектирование потока тока; детектирование разности потенциалов; использование дипольной антенны; использование рамочной антенны; использование тороидального трансформатора; использование эффекта Холла или аналогичного детектора магнитного поля; использование секций металлической конструкции скважины как часть дипольной антенны.

Когда используется термин "удлиненный элемент" в отношении электромагнитной передачи, он может означать любой удлиненный (протяженный или продолговатый) электрический проводник, включая: хвостовик; обсадную трубу; колонну или трубчатый элемент; гибкую колонну типа "колтюбинг"; насосную штангу; проводную линию; буровую трубу; одножильный провод или индукционный провод.

Датчики могут содержать один или несколько различных типов сенсоров. Единственный или каждый из сенсоров может соединяться (физически или посредством беспроводной связи) с беспроводным передатчиком, и данные могут передаваться от беспроводного передатчика к пространству выше затрубного устройства герметизации или, наоборот, в направлении поверхности. Данные могут передаваться по меньшей мере в одной из форм: электромагнитной, акустической форме и индуктивно соединенными трубчатыми элементами, особенно в акустической и/или электромагнитной форме, как было описано выше.

Такие короткодистанционные беспроводные соединения могут обеспечиваться электромагнитной связью в диапазоне очень низких частот.

Предусмотренные сенсоры могут осуществлять измерение любого параметра, и поэтому быть сенсором любого типа, включая, но необязательно ограничиваясь этим, температуры, ускорения, вибрации, момента, перемещения, движения, целостности цемента, давления, направления и наклона, нагрузки, разнообразных углов труб/обсадной трубы, коррозии и эрозии, радиации, шума, магнетизма, сейсмических перемещений, напряжений и деформаций в трубах/обсадных трубах, включая кручение, сдвиг, сжатие, расширение, изгиб и любую форму деформации; детектирования химических и радиоактивных индикаторов; идентификации жидкой среды, например, детектирования газа; детектирования воды; детектирования углекислого газа; производства гидроксида, парафина и песка; и свойств жидкой среды, например (но не ограничиваясь этим) расхода, плотности, объема воды, удельного сопротивления, кислотности, вязкости, точки кипения, отношения газа/нефти, углеводородного состава, цвета жидкой среды или флюоресценции. Сенсоры могут быть устройствами формирования изображений, формирования карт и/или сканирующими устройствами, такими как, но не ограничиваясь этим, камера, видеокамера,

инфракрасное, магниторезонансное, акустическое, ультразвуковое, электрическое, оптическое, импедансное и емкостное устройства. Сенсоры могут также осуществлять мониторинг оборудования в скважине, например, положения клапана, или вращения мотора. Более того, сенсоры могут быть адаптированы на формирование сигнала или параметра, детектированного инкорпорированием подходящих передатчиков и механизмов.

Аппарат, в частности, сенсоры, могут содержать запоминающее устройство, которое может хранить данные для их более позднего восстановления. Запоминающее устройство может также в некоторых обстоятельствах извлекаться, и данные могут восстанавливаться после того, как устройство извлекают. Запоминающее устройство может быть выполнено с возможностью хранения информации по меньшей мере в течение одной минуты, опционально - по меньшей мере в течение одного часа, опционально - в течение по меньшей мере одной недели, предпочтительно по меньшей мере в течение одного месяца, более предпочтительно по меньшей мере в течение одного года или более пяти лет.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Внутрискважинная система сбора электрической энергии для сбора электрической энергии от постоянных токов в скважинной установке, имеющей металлическую конструкцию, обеспеченную катодной защитой и содержащую, по меньшей мере, одну секцию внутрискважинной металлической трубы, выполненной с возможностью протекания в ней электрического тока катодной защиты при использовании, при этом указанная система содержит

модуль сбора, электрически соединенный с указанной по меньшей мере одной секцией внутрискважинной металлической трубы металлической конструкции на первом участке и электрически соединенный с указанной по меньшей мере одной секцией внутрискважинной металлической трубы металлической конструкции на втором участке, отстоящий от первого участка, причем первый и второй участки выбраны так, что при использовании токи катодной защиты протекают в указанной по меньшей мере одной секции внутрискважинной металлической трубы между первым и вторым участками, так что вследствие протекания в указанной по меньшей мере одной секции внутрискважинной металлической трубы электрического тока катодной защиты между первым и вторым участками присутствует разность потенциалов;

при этом модуль сбора подключен между первым и вторым участками и выполнен с возможностью сбора электрической энергии за счет разности потенциалов, существующей между первым и вторым участками вследствие указанного электрического тока катодной защиты,

причем модуль сбора выполнен с возможностью сбора электрической энергии от постоянных токов, протекающих в указанной по меньшей мере одной секции внутрискважинной металлической трубы.

2. Система по п.1, в которой протекание тока на отрезках металлической конструкции в областях между первым участком и вторым участком предусмотрено в одном и том же продольном направлении.

3. Система по п.1 или 2, в которой между первым участком и вторым участком имеет место непрерывная траектория протекания тока, которая по меньшей мере частично проходит по металлической конструкции.

4. Система по любому из предыдущих пунктов, в которой отстоящие участки отстоят по оси.

5. Система по любому из предыдущих пунктов, в которой отстоящие участки отстоят радиально.

6. Система по любому из предыдущих пунктов, в которой по меньшей мере одно соединение между по меньшей мере одним из электрических контактов и модулем сбора обеспечено изолированным кабелем.

7. Система по любому из предыдущих пунктов, в которой расстояние между участками, на которое они отстоят, равно по меньшей мере 100 м.

8. Система по любому из предыдущих пунктов, в которой соединения образованы с общей секцией металлических удлиненных элементов, являющейся частью металлической конструкции.

9. Система по любому из пп.1-7, в которой первое из соединений образовано с первой секцией металлических удлиненных элементов, являющейся частью металлической конструкции, а второе из соединений образовано со второй, другой, секцией металлических удлиненных элементов, являющейся частью металлической конструкции.

10. Система по п.9, в которой предусмотрено средство изоляции для электрической изоляции первой секции металлических удлиненных элементов от второй секции металлических удлиненных элементов в области соединений.

11. Система по п.10, в которой средства изоляции предусмотрены во избежание электрического контакта между двумя секциями металлических удлиненных элементов на расстоянии по меньшей мере 100 м.

12. Система по любому из предыдущих пунктов, в которой подача тока, имеющего возможность протекания по удлиненным элементам, предусмотрена с поверхности скважины.

13. Система по любому из предыдущих пунктов, в которой подача тока, имеющего возможность протекания по удлиненному элементу, предусмотрена от одного или нескольких жертвенных анодов.

14. Система по п.12, в которой ток, имеющий возможность протекания по удлиненным элементам, является наложенным током от внешнего источника питания.

15. Система по любому из предыдущих пунктов, в которой напряжение на поверхности скважины при использовании ограничивается диапазоном от -0,7 до -2 В относительно опорной ячейки из серебра/хлорида серебра.

16. Система по любому из предыдущих пунктов, в которой разность потенциалов между отстоящими контактами меньше 1 В.

17. Система по любому из предыдущих пунктов, в которой верхний отстоящий контакт находится в пределах 100 м от поверхности земли, если скважина является материковой скважиной; и в пределах 100 м от уровня дна, если скважина является подводной скважиной.

18. Система по любому из предыдущих пунктов, в которой верхний отстоящий контакт находится в непосредственной близости к участку, который соответствует максимальному значению потенциала, вызванного протеканием в конструкции электрического тока.

19. Система по любому из предыдущих пунктов, которая также содержит внутрискважинные средства связи для передачи и/или получения данных.

20. Система по п.19, в которой внутрискважинные средства связи выполнены с возможностью передачи данных с помощью изменения нагрузки, наблюдаемой между указанными соединениями на отстоящих участках.

21. Система по п.1, в которой металлическая конструкция содержит по меньшей мере одну секцию металлических удлиненных элементов, обеспечивающую возможность протекания в ней электрического тока;

при этом модуль сбора содержит электрический контур, подсоединенный между отстоящими контактами для сбора энергии от разности потенциалов между отстоящими контактами, причем первый из отстоящих контактов образован с указанной по меньшей мере одной секцией металлических удлиненных элементов на первом участке, а второй из отстоящих контактов образован с указанной по меньшей мере одной секцией металлических удлиненных элементов на втором участке, при этом разность потенциалов вызвана протеканием токов катодной защиты в указанной по меньшей мере одной секции удлиненных элементов, и по меньшей мере частично импедансом указанной по меньшей мере одной секции удлиненных элементов; и

при этом модуль сбора выполнен с возможностью сбора электрической энергии от токов катодной защиты.

22. Система управления внутрискважинным устройством, содержащая внутрискважинную систему сбора электрической энергии по любому из предыдущих пунктов и внутрискважинное устройство, с которым электрически соединен модуль сбора, выполненный с возможностью подачи мощности указанному внутрискважинному устройству.

23. Система по п.22, в которой внутрискважинное устройство содержит по меньшей мере один из следующих элементов: внутрискважинный сенсор; внутрискважинный исполнительный механизм; затрубное устройство герметизации; внутрискважинный модуль связи.

24. Система по п.23, в которой указанный клапан содержит по меньшей мере один из следующих элементов: подземный предохранительный клапан; клапан управления расходом в стволе скважины; клапан ствол скважины - затрубное пространство; клапан затрубное пространство - затрубное пространство; клапан ствол скважины - камера компенсации давления; клапан затрубное пространство - камера компенсации давления; клапан через пакер или в обход пакера.

25. Система по пп.22-24, в которой внутрискважинное устройство расположено на другом участке в скважине относительно модуля сбора.

26. Система по п.25, в которой модуль сбора размещен на выбранном участке внутри скважины для сбора мощности, при этом предусмотрен кабель для подачи электрической мощности дальше, внутрь скважины, внутрискважинному устройству на другом участке в скважине.

27. Внутрискважинная система мониторинга скважины для осуществления мониторинга по меньшей мере одного параметра в скважинной установке, имеющей металлическую конструкцию, обеспечивающую возможность протекания в ней электрического тока, причем указанная система содержит систему сбора электрической энергии по любому из пп.1-22;

сенсорный модуль для измерения по меньшей мере одного параметра; и

модуль связи для отправки показаний закодированных данных от сенсорного модуля в направлении поверхности,

при этом система сбора электрической энергии выполнена с возможностью подачи электрической мощности сенсорному модулю и/или модулю связи.

28. Система по п.27, в которой модуль связи выполнен с возможностью модуляции электрического тока, текущего в металлической конструкции, на участке подачи сигнала для кодировки данных для обеспечения возможности извлечения указанных данных на участке получения, удаленном от участка подачи сигнала, посредством детектирования эффекта указанной модуляции на электрическом токе на указанном участке получения.

29. Система по п.28, в которой модуль связи выполнен с возможностью управления нагрузкой, генерируемой модулем сбора, для осуществления указанной модуляции электрического тока в металлической конструкции на участке подачи сигнала.

30. Система по любому из пп.27-29, в которой сенсорный модуль содержит сенсор давления, при этом опционально сенсор давления выполнен с возможностью мониторинга пластового давления скважины.

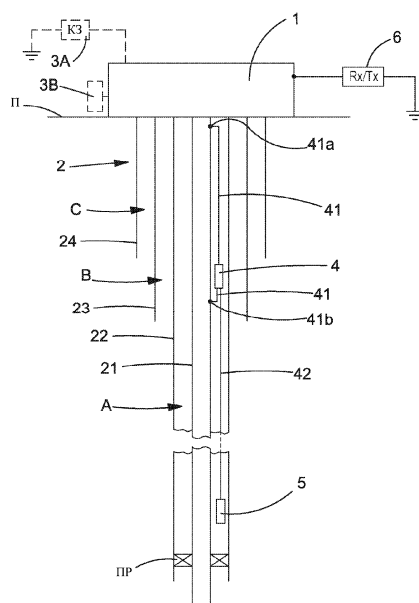
31. Система по любому из пп.27-30, в которой сенсорный модуль содержит сенсор давления, и сенсор давления выполнен с возможностью мониторинга давления в затрубном пространстве скважины, при этом опционально сенсор давления выполнен с возможностью мониторинга давления в закрытом затрубном пространстве скважины.

32. Внутрискважинная система связанного повторителя для использования в скважинной установке, имеющей металлическую конструкцию, обеспечивающую возможность протекания в ней электрического тока, причем указанная система содержит систему сбора электрической энергии по любому из пп.1-19; и связной повторитель, размещенный внутри указанной скважины, и выполненный с возможностью осуществления связи с первым устройством за пределами устья скважины, используя канал связи, который является беспроводным по меньшей мере на участке, проходящем через устье скважины, и выполненный с возможностью осуществления связи со вторым устройством, находящимся в скважине, и поэтому ниже устья скважины, так что связной повторитель может выполнять роль повторителя между первым и вторым устройствами, при этом модуль сбора электрической энергии выполнен с возможностью подачи электрической мощности связанному повторителю.

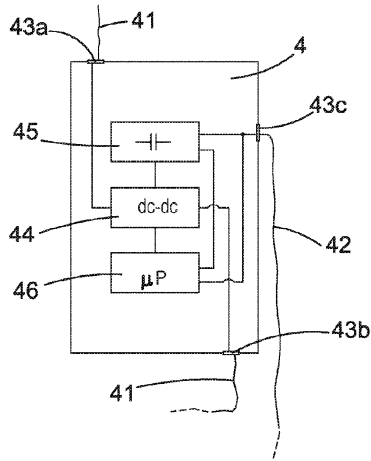
33. Система по п.32, в которой связной повторитель выполнен с возможностью модуляции электрического тока, текущего в металлической конструкции, на участке подачи сигнала для кодировки данных для обеспечения возможности извлечения указанных данных на участке получения, удаленном от участка подачи сигнала, посредством детектирования эффекта указанной модуляции на электрическом токе на указанном участке получения.

34. Система по п.33, в которой связной повторитель выполнен с возможностью управления нагрузкой, генерируемой модулем сбора, для осуществления указанной модуляции электрического тока в металлической конструкции на участке подачи сигнала.

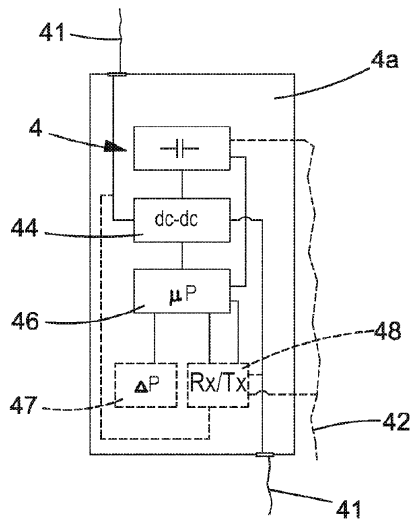
35. Система по любому из предыдущих пунктов, в которой скважина является подводной скважиной.



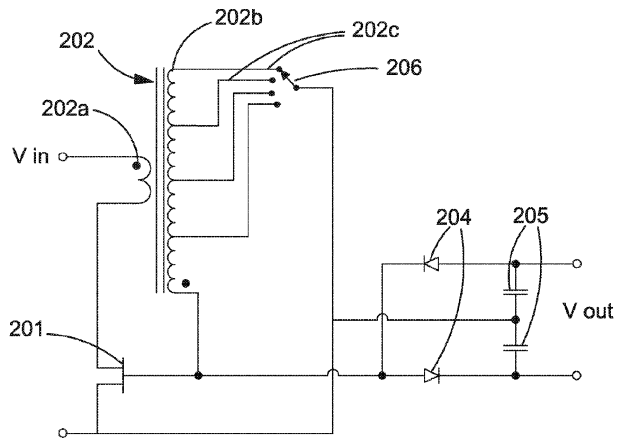
Фиг. 1



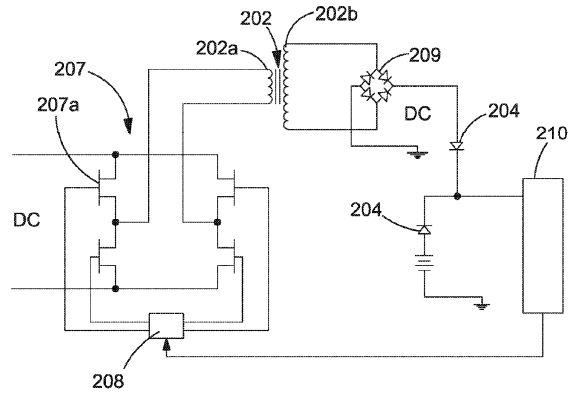
Фиг. 2А



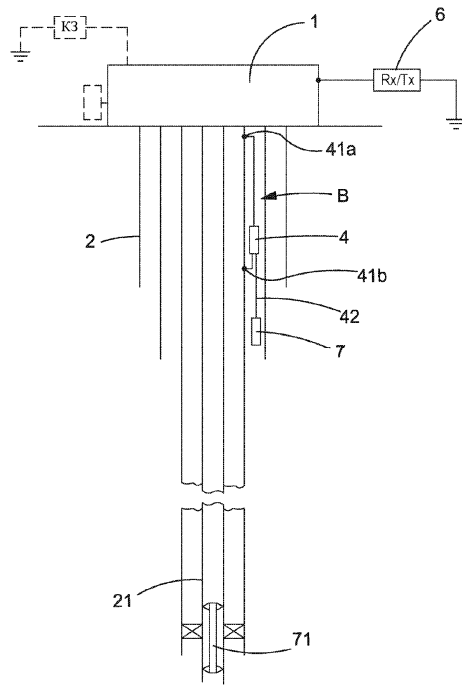
Фиг. 2В



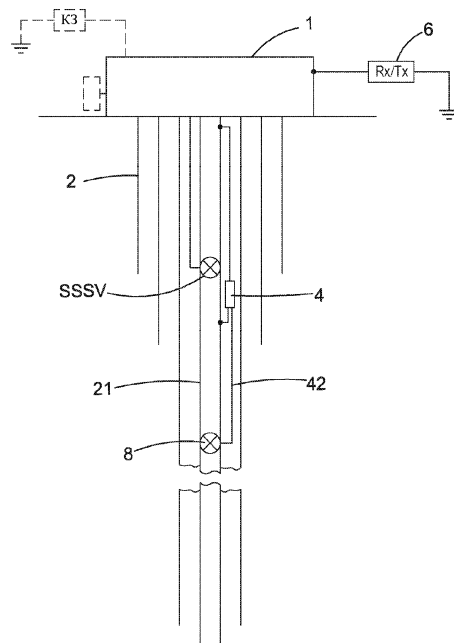
Фиг. 2С



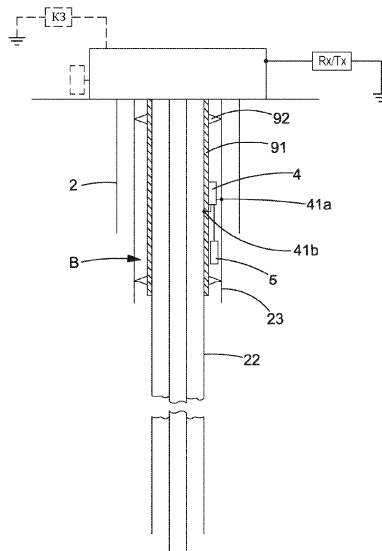
Фиг. 2D



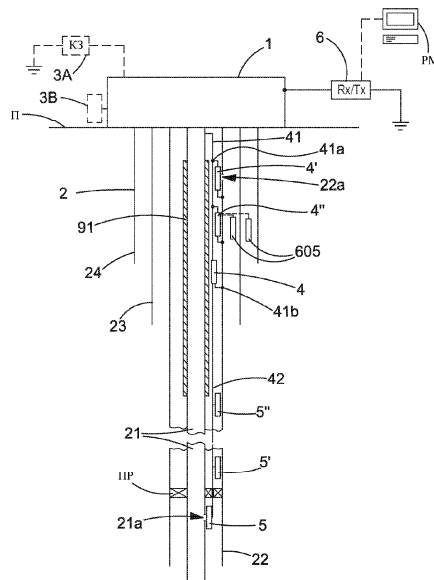
Фиг. 3



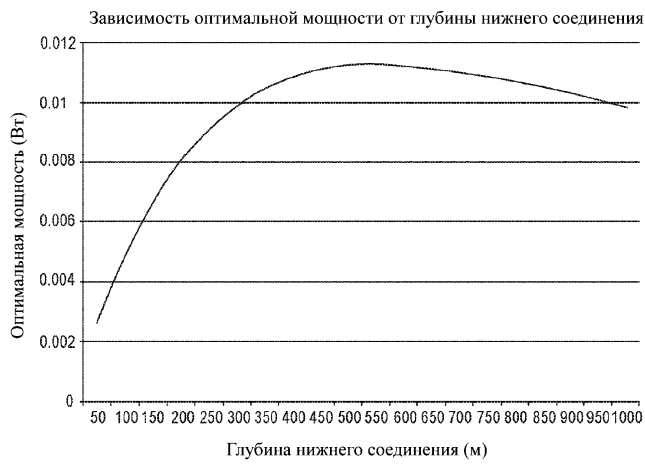
Фиг. 4



Фиг. 5

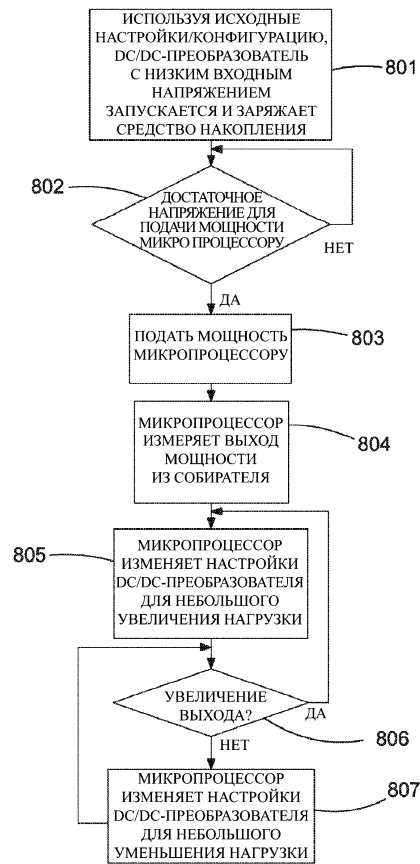


Фиг. 6

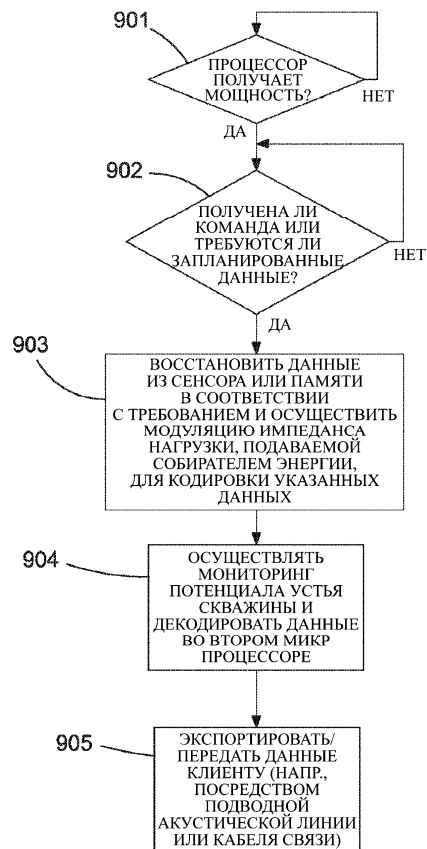


Фиг. 7

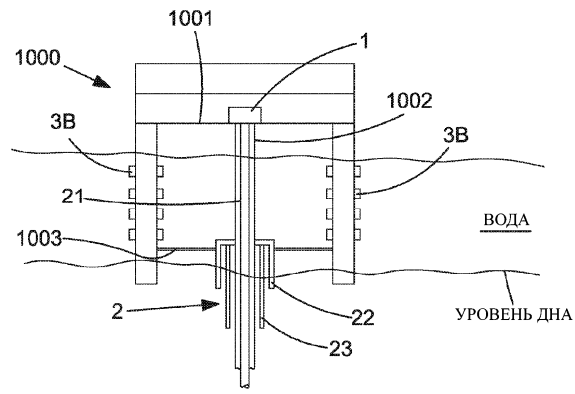




Фиг. 8



Фиг. 9



Фиг. 10

