



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**(21)(22) Заявка: **2011124584/03**, **20.11.2009**(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
**20.11.2009**

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:  
**22.11.2008 CN 200810179628.7**(43) Дата публикации заявки: **27.12.2012** Бюл. № 36(45) Опубликовано: **20.06.2013** Бюл. № 17(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **CN 101220742 A**, **16.07.2008**. **SU 153675 A1**, **01.01.1963**. **SU 821688 A1**, **15.04.1981**. **SU 939748 A1**, **30.06.1982**. **RU 2276725 C2**, **20.05.2006**. **CN 1657740 A**, **24.08.2005**. **EA 200601122 A1**, **27.10.2006**. **EA 9357 B1**, **28.12.2007**.(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на национальной фазе: **22.06.2011**(86) Заявка РСТ:  
**CN 2009/075047 (20.11.2009)**(87) Публикация заявки РСТ:  
**WO 2010/057437 (27.05.2010)**

Адрес для переписки:

**123100, Москва, Шмитовский пр., 2, стр. 2,  
Патентное агентство "Ермакова, Столярова  
и партнеры"**

(72) Автор(ы):

**ЛУО Вей (CN),  
КСУ Шукиан (CN),  
ЧЕН Руоминг (CN),  
СОНГ Жаохуи (CN),  
ТАНГ Лианг (CN),  
ЖОУ Кианг (CN)**

(73) Патентообладатель(и):

**КАРАМАЙ ДРИЛЛИНГ ТЕКНОЛОДЖИ  
РИСЁРЧ ИНСТИТУТ, ВЕСТЕРН  
ДРИЛЛИНГ ИНДЖИНИРИНГ  
КОРПОРЕЙШН ОФ ЦНПЦ (CN)****(54) СПОСОБ И СИСТЕМА ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ О СТВОЛЕ СКВАЖИНЫ**

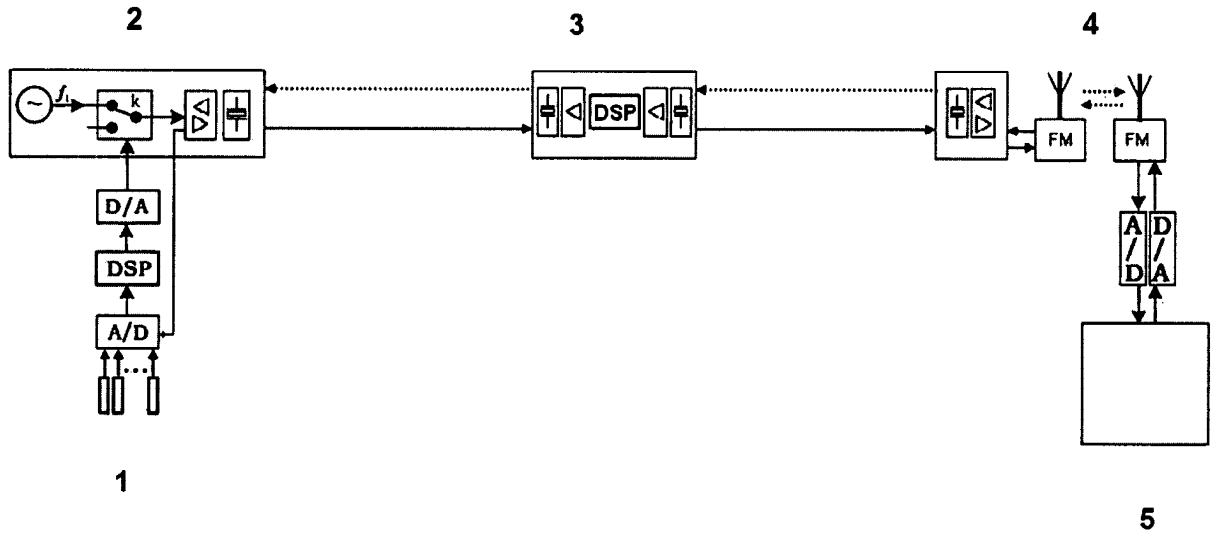
(57) Реферат:

В представленном изобретении раскрыты способ и система для передачи данных о стволе скважины в процессе бурения при нефтедобыче. Данный способ состоит из трех этапов: получение и обработка скважинных данных, отправка и передача сигналов и получение данных на поверхности. В бурильную колонну может быть установлена релейная система для восстановления сигналов. При помощи соединительного элемента между

пьезоэлектрическим преобразователем и бурильной трубой и с помощью передающей способности волны напряжений бурильной колонны путем детектирования автоматически выбирается оптимальная частота и применяется для передачи сигналов на поверхность через бурильную колонну. Для передачи сигналов используется детектирование генератора хаоса, а также для решения уравнения Дуффинга используется способ Рунге-Кутты четвертого порядка,

чтобы определить наличие сигнала по величине периода системы, а затем выполняется извлечение полезного сигнала. Система имеет в своем составе систему получения и отправки данных в скважине и систему получения данных на поверхности, а также может включать релейную систему.

Сигналы могут передаваться в двух направлениях. Данное изобретение может получить широкое применение при бурении с использованием жидких или газообразных флюидов, его преимуществом является высокая скорость передачи данных и детектирования. 2 н. и 6 з.п. ф-лы, 2 ил.



Фиг. 1

RU 2 4 8 5 3 1 1 C 2

RU 2 4 8 5 3 1 1 C 2



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
**E21B 47/16** (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2011124584/03, 20.11.2009**

(24) Effective date for property rights:  
**20.11.2009**

Priority:

(30) Convention priority:  
**22.11.2008 CN 200810179628.7**

(43) Application published: **27.12.2012 Bull. 36**

(45) Date of publication: **20.06.2013 Bull. 17**

(85) Commencement of national phase: **22.06.2011**

(86) PCT application:  
**CN 2009/075047 (20.11.2009)**

(87) PCT publication:  
**WO 2010/057437 (27.05.2010)**

Mail address:

**123100, Moskva, Shmitovskij pr., 2, str. 2,  
Patentnoe agentstvo "Ermakova, Stoljarova i  
partnery"**

(72) Inventor(s):

**LUO Vej (CN),  
KSU Shukian (CN),  
ChEN Ruoming (CN),  
SONG Zhaokhui (CN),  
TANG Liang (CN),  
ZhOU Kiang (CN)**

(73) Proprietor(s):

**KARAMAJ DRILLING TEKNOLODZhI  
RISERCh INSTITUT, VESTERN DRILLING  
INDZhINIRING KORPOREJShN OF TsNPTs  
(CN)**

(54) **METHOD AND SYSTEM FOR TRANSFER OF DATA ON WELL SHAFT**

(57) Abstract:

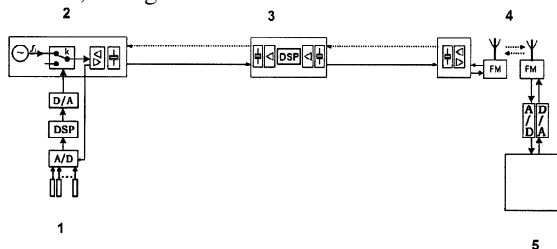
FIELD: oil and gas industry.

SUBSTANCE: method involves three stages: acquisition and processing of borehole data, sending and transfer of signals, and acquisition of data on the surface. Into a drilling string there can be installed a relay system for recovery of signals. By means of a connecting element between a piezoelectric converter and a drilling pipe and by means of transfer ability of wave of stresses of the drilling string, by detection there automatically chosen is an optimum frequency and used for transfer of signals to the surface through the drilling string. In order to transfer signals, detection of a chaos generator is used, as well as in order to solve a Duffing equation, Runge-Kutta method of the fourth order is used to determine availability of a signal as per the value of the system period, and

then, a useful signal is picked up. The system comprises a system for the well data receiving and sending, and a system for data acquisition on surface, as well as it can include a relay system. Signals can be transferred in two directions.

EFFECT: invention can be widely used at drilling using liquid or gaseous fluids; its advantage comprises high data transfer and detection rate.

8 cl, 2 dwg



Фиг. 1

RU 2 485 311 C2

RU 2 485 311 C2

**ОБЛАСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ**

[0001] Данное изобретение относится к сфере нефтедобычи, в частности к способу и системе для передачи данных о стволе скважины.

**УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ**

5 [0002] За последние годы технология бурения при пониженном гидростатическом давлении в стволе скважины получила значительное развитие в своей области применения. Тем не менее многие установки для бурения при пониженном гидростатическом давлении в стволе скважины не достигают расчетной  
10 производительности, основной причиной чего является то, что в течение всего процесса бурения не поддерживается пониженное гидростатическое давление, что приводит к повреждению земной поверхности и другим сложным ситуациям. Следовательно, преимущества технологии бурения при пониженном  
15 гидростатическом давлении в стволе скважины при обнаружении и защите нефтяного пласта, решении особых задач и сокращению затрат не могут быть получены не в полной мере. Поэтому важно контролировать скважинные данные в процессе бурения при пониженном гидростатическом давлении в стволе скважины, чтобы обеспечить бурение при пониженном гидростатическом давлении по всему стволу скважины. При  
20 этом технология передачи данных о стволе скважины становится основной технологией контроля в реальном времени.

[0003] В настоящее время в качестве беспроводного устройства сбора и обработки данных бурения широко используется система MWD (система измерений в процессе бурения), которая применяется для горизонтальных или наклонно направленных  
25 скважин. Данное устройство передает скважинные данные на поверхность, изменяя отклонение давления жидкости буровой шахты в бурильной колонне и используя сигнал импульса давления. Тем не менее существуют следующие сложности.

(1) Данное устройство может использоваться только в скважинах с флюидом  
30 только в жидком состоянии и не может использоваться в газовых скважинах или скважинах с флюидом в смешанном газообразном и жидком состоянии, так как сжимаемость газа обуславливает его неспособность передавать данные с помощью импульса давления.

(2) Скорость передачи данных сравнительно низкая, всего лишь 0,5-3 бит/с.

**КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ СУЩНОСТИ ИЗОБРЕТЕНИЯ**

[0004] Целью данного изобретения является создание способа и системы для передачи данных о стволе скважины. По данному способу при помощи соединительного элемента между пьезоэлектрическим преобразователем и бурильной  
40 трубой и с помощью передающей способности волны напряжений бурильной колонны скважинные данные в реальном времени передаются на поверхность с помощью устройства для передачи и приема волны напряжений бурильной колонны, в результате чего скорость передачи данных увеличивается, при этом жидкая среда буровой скважины на нее больше не влияет.

45 [0005] Для достижения вышеуказанной цели данное изобретение предлагает способ для передачи данных о стволе скважины, отличающийся тем, что в качестве носителя для передачи данных выбирается волна напряжений, а в качестве канала передачи данных принимается бурильная колонна. Данный способ состоит из трех этапов:  
50 получение и обработка скважинных данных, отправка и передача сигнала и получение данных на поверхности, а именно:

а) получение и обработка скважинных данных, отличающиеся тем, что модуль сбора данных, расположенный на бурильной колонне, получает аналоговый сигнал,

включая скважинные данные, аналоговый сигнал преобразуется в цифровой сигнал с помощью модуля аналого-цифрового преобразования A/D, цифровой сигнал поступает в модуль обработки сигналов DSP, который кодирует цифровой сигнал по заранее заданному формату кодирования, после этого создается кодированный цифровой сигнал;

б) отправка и передача сигналов, отличающиеся тем, что кодированный цифровой сигнал преобразуется в аналоговый сигнал с помощью модуля цифроаналогового преобразования D/A, а затем аналоговый сигнал направляется в модуль отправки данных для усиления, после чего усиленный сигнал передается в пьезоэлектрический преобразователь для запуска пьезоэлектрического преобразователя, пьезоэлектрический преобразователь преобразует усиленный аналоговый сигнал в сигнал частоты волны напряжений, отличающийся тем, что частота передачи волны напряжений выбирается в пределах полосы пропускания бурильной колонны и может быть отрегулирована автоматически в соответствии с различными комбинациями и длиной бурильных колонн, при этом сигнал частоты волны напряжений передается на поверхность через бурильную колонну; а также

в) получение данных на поверхности, отличающееся тем, что модуль получения данных, установленный на патрубке бурильной трубы, получает сигнал частоты волны напряжений, передаваемый на поверхность, беспроводной ретранслятор перенаправляет сигнал частоты волны напряжений в наземное приемное устройство, сигнал частоты волны напряжений преобразуется в цифровой сигнал с помощью модуля аналого-цифрового преобразования A/D, при этом цифровой сигнал поступает в наземный компьютер, наземный компьютер выделяет из цифрового сигнала полезный слабый сигнал, скрытый среди сильных помех, и декодирует полезный слабый сигнал.

[0006] В процессе отправки и передачи сигнала, если передающий участок скважины длинный и происходит пропадание сигнала, в бурильную колонну может быть установлена релейная система, отличающаяся тем, что модуль получения данных в релейной системе получает аналоговый сигнал, включая скважинные данные, передаваемые из скважины, преобразует аналоговый сигнал в цифровой сигнал с помощью модуля аналого-цифрового преобразования A/D и передает цифровой сигнал в модуль обработки данных, модуль обработки данных выявляет и восстанавливает полезный слабый сигнал, скрытый среди сильных помех, и получает восстановленный цифровой сигнал, восстановленный цифровой сигнал преобразуется в аналоговый сигнал с помощью модуля D/A и передается в модуль передачи данных, аналоговый сигнал усиливается для запуска пьезоэлектрического преобразователя, пьезоэлектрический преобразователь преобразует усиленный аналоговый сигнал в сигнал частоты волны напряжений, при этом сигнал частоты волны напряжений последовательно передается на поверхность через бурильную колонну.

[0007] Более того, согласно данному способу для отправки и передачи сигнала частота передачи выбирается в пределах полосы пропускания бурильной колонны, так как передача волны напряжений через бурильную колонну будет проявлять свойства фильтра с гребнеобразным частотным спектром, в котором полоса пропускания и полоса затухания чередуются. Согласно данному способу передача сигнала в полосе пропускания осуществляется эффективно, тогда как в полосе затухания происходит значительное подавление сигнала и его эффективная передача невозможна.

[0008] Процессор DSP кодирует цифровой сигнал в формате кодирования

"синхронный сигнал + сигнал данных". Каждый полный блок цифрового сигнала включает 8 информационных битов, где 1 бит соответствует синхронному сигналу, а 7 битов соответствуют информационному сигналу. Синхронный сигнал, предназначенный для кодирования в DSP, является линейным сигналом с частотной модуляцией. Выявляются полоса пропускания и полоса затухания бурильной колонны, полоса пропускания определяется согласно частотному уравнению волны напряжений бурильной колонны, а частота с наилучшим эффектом прохождения в полосе пропускания автоматически выбирается в качестве частоты для передачи сигналов для бурильных колонн различной конструкции и длины. Частотное уравнение волны напряжений бурильной колонны представлено в следующем виде:

$$\cos kd = \cos\left(\frac{\omega d_1}{c_1}\right) \cos\left(\frac{\omega d_2}{c_2}\right) - \frac{1}{2} \left( \frac{z_1}{z_2} + \frac{z_2}{z_1} \right) \sin\left(\frac{\omega d_1}{c_1}\right) \sin\left(\frac{\omega d_2}{c_2}\right)$$

В вышеприведенном уравнении:

$d_1$ : длина бурильной колонны (средняя часть);

$d_2$ : длина соединения (сумма двух соединений);

$c_1$ : скорость волны в бурильной трубе;

$c_2$ : скорость волны в соединении;

$k = \omega / z$ ;

$z = z_1 + z_2$ ;

$z_1 = a_1 \cdot \rho \cdot c_0$ ;

$z_2 = a_2 \cdot \rho \cdot c_0$ ;

$\omega = 2\pi \cdot f$ ;

$d = d_1 + d_2$ ;

$a_1$ : площадь поперечного сечения бурильной трубы;

$a_2$ : площадь поперечного сечения соединения;

$c_0$ : скорость звука в стали;

$\rho$ : плотность стали;

$f$ : частота.

[0009] В процессе передачи сигнала от скважины наблюдается воздействие сильных помех от месторождения. Чтобы выявить полезный слабый сигнал, скрытый среди сильных помех, для извлечения полезного слабого сигнала из сильных фоновых помех используется детектирование генератора хаоса. При детектировании генератора хаоса применяется следующее уравнение Дуффинга:

$$\begin{cases} \dot{x} = y \\ \dot{y} = [-ky + x^3 - x^5 + \gamma \sin(t)] + \mu_A A \cos(\omega t) + Z_S \end{cases}$$

В вышеприведенном уравнении  $\gamma$  - движущая сила,  $\mu_A A \cos(\omega t)$  - принятый полезный слабый сигнал,  $Z_S$  - помехи

$t$  - время,

$k$  - объясняется следующей формулой:

$k = \omega / z$ ,

где, в свою очередь,  $\omega = 2\pi \cdot f$ , при этом  $f$  - частота,

а  $z = z_1 + z_2$ , где  $z_1$  и  $z_2$ , в свою очередь, объясняются следующим:

$z_1 = a_1 \cdot \rho \cdot c_0$  и  $z_2 = a_2 \cdot \rho \cdot c_0$ ,

где  $a_1$  - площадь поперечного сечения бурильной трубы;

$a_2$  - площадь поперечного сечения соединения;

$c_0$  - скорость звука в стали;

$\rho$  - плотность стали.

[0010] Движущая сила  $\gamma$  регулируется так, чтобы система в критическом состоянии перешла от периода хаоса к большому периоду. На вход подается сигнал, содержащий помехи, детектирование которого необходимо выполнить. Если система переходит из периода хаоса к большому периоду, это значит, что входной сигнал имеет в своем составе сигнал, который требуется выявить, при этом для решения вышеуказанного уравнения используется способ Рунге-Кутты четвертого порядка, чтобы рассчитать период системы и выявить наличие сигнала. Отношение сигнал-помеха, которое можно определить с помощью обычного детектирования, составляет -10 дБ, тогда как по данному изобретению оно может составлять менее -40 дБ. Это означает, что при мощности помех, превышающей мощность сигнала в 10000 раз, система все равно может эффективно выявлять полезный слабый сигнал.

[0011] Система получения данных на поверхности и система получения и отправки данных в скважине могут обмениваться информацией в двух направлениях. Система получения и отправки данных в скважине спускается в скважину вместе со сверлом для бурения. Когда начинается бурение, система получения данных на поверхности передает линейный сигнал с частотной модуляцией в систему получения и отправки данных в скважине. Линейный сигнал с частотной модуляцией передается вниз в систему получения и отправки данных в скважине по бурильной трубе. После получения линейного сигнала с частотной модуляцией система получения и отправки данных в скважине сначала рассчитывает оптимальную частоту передачи, а затем получает данные, передаваемые от устройства сбора данных в скважине. Когда бурение прекращается, система получения данных на поверхности передает сигнал, означающий прекращение получения данных. Когда система получения и отправки данных в скважине получает данный сигнал, получение скважинных данных прекращается.

[0012] Вышеуказанная система сбора скважинных данных может представлять собой систему сбора данных в обычном устройстве, выполняющем измерения в процессе бурения, а также полезную модель "Устройство сбора и передачи скважинных данных" согласно заявке №2008200063778 Карамайского научно-исследовательского института ведения буровых работ компании Western Drilling или другие устройства сбора данных в скважине.

Для достижения вышеуказанной цели настоящее изобретение также предусматривает систему для передачи данных о стволе скважины, которая включает в себя систему получения и отправки данных в скважине и систему получения данных на поверхности, отличающуюся тем, что:

а) система получения и отправки данных в скважине имеет в своем составе модуль сбора скважинных данных, модуль аналого-цифрового преобразования сигнала A/D, модуль обработки сигнала DSP, модуль цифроаналогового преобразования сигнала D/A и модуль передачи данных, отличающиеся тем, что:

модуль сбора скважинных данных собирает скважинные данные и выдает аналоговый сигнал;

модуль аналого-цифрового преобразования сигнала A/D преобразует аналоговый сигнал в цифровой сигнал и подает цифровой сигнал в модуль обработки сигнала DSP;

модуль обработки сигнала DSP кодирует цифровой сигнал и выдает кодированный цифровой сигнал;

модуль цифроаналогового преобразования сигнала D/A преобразует кодированный цифровой сигнал в аналоговый сигнал;

модуль отправки данных имеет в своем составе усилитель мощности и пьезоэлектрический преобразователь, отличающиеся тем, что:

усилитель мощности усиливает аналоговый сигнал, преобразованный модулем цифроаналогового преобразования сигнала D/A;

5 пьезоэлектрический преобразователь преобразует усиленный аналоговый сигнал в сигнал частоты волны напряжений и передает сигнал частоты волны напряжений на поверхность через бурильную колонну; а также

10 б) система получения данных на поверхности имеет в своем составе модуль получения данных, установленный на патрубке бурильной трубы, беспроводной ретранслятор, наземное приемное устройство, модуль аналого-цифрового преобразования сигнала A/D и наземный компьютер, отличающиеся тем, что:

15 модуль получения данных получает сигнал частоты волны напряжений, передаваемый на поверхность, и подает сигнал частоты волны напряжений в беспроводной ретранслятор;

беспроводной ретранслятор перенаправляет сигнал частоты волны напряжений в наземное приемное устройство;

20 модуль аналого-цифрового преобразования сигнала A/D преобразует сигнал частоты волны напряжений в цифровой сигнал и подает цифровой сигнал в наземный компьютер;

наземный компьютер выявляет полезный слабый сигнал из цифрового сигнала и декодирует полезный слабый сигнал.

25 Система для передачи данных о стволе скважины также имеет в своем составе релейную систему, которая расположена между системой получения и отправки данных в скважине и системой получения данных на поверхности, отличающуюся тем, что релейная система имеет в своем составе модуль получения данных, модуль аналого-цифрового преобразования сигнала A/D, модуль обработки данных, модуль 30 цифроаналогового преобразования сигнала D/A, модуль отправки данных и модуль питания, отличающиеся тем, что:

модуль получения данных получает аналоговый сигнал;

35 модуль аналого-цифрового преобразования сигнала A/D преобразует аналоговый сигнал в цифровой сигнал;

модуль обработки данных восстанавливает цифровой сигнал и направляет восстановленный цифровой сигнал в модуль цифроаналогового преобразования сигнала D/A;

40 модуль цифроаналогового преобразования сигнала D/A преобразует восстановленный цифровой сигнал в аналоговый сигнал и передает аналоговый сигнал в модуль отправки данных;

модуль отправки данных имеет в своем составе усилитель мощности и пьезоэлектрический преобразователь, отличающиеся тем, что:

45 усилитель мощности усиливает аналоговый сигнал, полученный в модуле цифроаналогового преобразования сигнала D/A;

пьезоэлектрический преобразователь преобразует усиленный сигнал в сигнал частоты волны напряжений и передает сигнал частоты волны напряжений на поверхность через бурильную колонну; а также

50 модуль питания подает питание в интегральную схему релейной системы.

[0013] Преимущества данного изобретения

Данное изобретение может быть широко применено при бурении с использованием жидких или газовых флюидов; а также



высокие скорости передачи данных и обнаружения данных, к примеру, скорость передачи превышает 100 бит/с.

#### КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

[0014] На Фиг.1 представлена блок-схема, изображающая процесс передачи данных о стволе скважины по варианту осуществления изобретения; а также

[0015] На Фиг.2 представлена принципиальная схема, на которой показано детектирование хаотического состояния по варианту осуществления изобретения.

#### ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНЫХ ВАРИАНТОВ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0016] Вариант осуществления изобретения описан подробно со ссылкой на соответствующие чертежи.

[0017] На Фиг.1 представлена блок-схема, изображающая процесс передачи данных о стволе скважины по варианту осуществления изобретения. Согласно способу, представленному на Фиг.1, существуют три этапа передачи данных о стволе скважины, включая следующие: получение и обработка скважинных данных, отправка и передача сигналов и получение данных на поверхности. Данные три этапа будут описаны подробно.

[0018] А. Получение и обработка скважинных данных: Скважинные данные, собранные системой сбора данных устройства MWD на буровой трубе (а также полезной моделью "Устройство сбора и передачи скважинных данных" согласно заявке №2008200063778 Карамайского научно-исследовательского института ведения буровых работ компании Western Drilling или другими устройствами сбора данных в скважине), преобразуются из аналогового сигнала в цифровой сигнал с помощью модуля аналого-цифрового преобразования A/D, а затем цифровой сигнал подается в модуль обработки сигнала DSP, который кодирует цифровой сигнал в формате "синхронный сигнал + сигнал данных". Полный блок цифрового сигнала имеет в своем составе 8 информационных битов, в котором 1 бит соответствует синхронному сигналу, а 7 битов соответствуют информационному сигналу. В частности, модуль обработки сигнала DSP осуществляет кодирование в соответствии со следующим форматом кодирования.

[0019] В системе последовательной передачи данных должен быть синхронный сигнал. Сигналы передаются последовательно, бит за битом и группа за группой. Каждый полный блок цифрового сигнала имеет в своем составе 8 информационных битов. В рассматриваемом случае синхронный сигнал является линейным сигналом с частотной модуляцией, который является первым битом из восьми. Последние 7 битов соответствуют цифровому сигналу. Как показано на Фиг.2, значение "1" в цифровом сигнале обозначает предпочтительную частоту, если указано значение "0", сигнал не передается.

[0020] Синхронный сигнал для кодирования DSP является линейным сигналом с частотной модуляцией. Выявляются полоса пропускания и полоса затухания буровой колонны, полоса пропускания определяется согласно частотному уравнению волны напряжений буровой колонны, а частота с наилучшим эффектом прохождения в полосе пропускания выбирается автоматически в качестве частоты для передачи сигналов для буровых колонн различной конструкции и длины. Частотное уравнение волны напряжений буровой колонны представлено в следующем виде:

$$\cos kd = \cos\left(\frac{\omega d_1}{c_1}\right) \cos\left(\frac{\omega d_2}{c_2}\right) - \frac{1}{2} \left( \frac{z_1}{z_2} + \frac{z_2}{z_1} \right) \sin\left(\frac{\omega d_1}{c_1}\right) \sin\left(\frac{\omega d_2}{c_2}\right)$$

где

$d_1$ : длина бурильной колонны (средняя часть);

$d_2$ : длина соединения (сумма двух соединений);

$c_1$ : скорость волны бурильной трубы;

$c_2$ : скорость волны в соединении;

$k=\omega/z$ ;

$z=z_1+z_2$ ;

$z_1=a_1 \cdot \rho \cdot c_0$ ;

$z_2=a_2 \cdot \rho \cdot c_0$ ;

$\omega=2\pi \cdot f$ ;

$d=d_1+d_2$ ;

$a_1$ : площадь поперечного сечения бурильной трубы;

$a_2$ : площадь поперечного сечения соединения;

$c_0$ : скорость звука в стали;

$\rho$ : плотность стали;

$f$ : частота.

[0021] В. Отправка и передача сигнала. Цифровой сигнал, кодированный в процессоре DSP, преобразуется в аналоговый сигнал с помощью модуля цифроаналогового преобразования сигнала D/A, а затем аналоговый сигнал передается в модуль отправки данных для усиления, после чего усиленный сигнал используется для запуска пьезоэлектрического преобразователя. Пьезоэлектрический преобразователь преобразует усиленный сигнал в сигнал частоты волны напряжений. Частота передачи волны напряжений выбирается в пределах полосы пропускания бурильной колонны, и можно регулировать автоматически в зависимости от различных комбинаций бурильных колонн и их длины. Сигнал частоты волны напряжений передается на поверхность через бурильную колонну.

[0022] С. Получение данных на поверхности. Система получения данных, установленная на патрубке бурильной трубы, получает сигнал частоты волны напряжений, передаваемый на поверхность, а беспроводной ретранслятор перенаправляет сигнал частоты волны напряжений в наземное приемное устройство, сигнал частоты волны напряжений преобразуется в цифровой сигнал с помощью модуля аналогоцифрового преобразования A/D, при этом цифровой сигнал поступает в наземный компьютер. Наземный компьютер (5) выявляет полезный слабый сигнал, скрытый среди сильных помех от цифрового сигнала, и декодирует полезный слабый сигнал.

[0023] В процессе отправки и передачи сигнала, если передающий участок скважины имеет большую длину и в нем происходит затухание сигнала, в бурильную колонну может быть установлена релейная система (3). Модуль получения данных в релейной системе (3) получает аналоговый сигнал, включая скважинные данные, передаваемые из скважины, преобразует аналоговый сигнал в цифровой сигнал с помощью модуля аналого-цифрового преобразования A/D и передает цифровой сигнал в модуль обработки данных. Модуль обработки данных выявляет и восстанавливает полезный слабый сигнал, скрытый среди сильных помех, и получает восстановленный цифровой сигнал. Восстановленный цифровой сигнал преобразуется в аналоговый сигнал с помощью модуля цифроаналогового преобразования сигнала D/A, передается в модуль передачи данных, аналоговый сигнал усиливается для запуска пьезоэлектрического преобразователя. Пьезоэлектрический преобразователь преобразует усиленный аналоговый сигнал в сигнал частоты волны напряжений,

сигнал частоты волны напряжений последовательно передается на поверхность.

[0024] В процессе передачи сигнала от скважины наблюдается воздействие сильных помех от месторождения. Чтобы выявить полезный слабый сигнал, скрытый среди сильных помех, для извлечения полезного слабого сигнала из сильных фоновых помех используется детектирование генератора хаоса. При детектировании генератора хаоса используется следующее уравнение Дуффинга:

$$\begin{cases} \dot{x} = y \\ \dot{y} = [-ky + x^3 - x^5 + \gamma \sin(t)] + \mu_A A \cos(\omega t) + Z_S \end{cases}$$

В вышеприведенном уравнении  $\gamma$  - движущая сила,  $\mu_A A \cos(\omega t)$  - принятый полезный слабый сигнал, а  $Z_S$  - помехи,

$t$  - время,

$k$  объясняется следующей формулой:

$$k = \omega / z,$$

где, в свою очередь,  $\omega = 2\pi \cdot f$ , при этом  $f$  - частота,

а  $z = z_1 + z_2$ , где  $z_1$  и  $z_2$ , в свою очередь, объясняются следующим:

$$z_1 = a_1 \cdot \rho \cdot c_0 \text{ и } z_2 = a_2 \cdot \rho \cdot c_0,$$

где  $a_1$  - площадь поперечного сечения буровой трубы;

$a_2$  - площадь поперечного сечения соединения;

$c_0$  - скорость звука в стали;

$\rho$  - плотность стали,

[0025] Движущая сила  $\gamma$  регулируется так, чтобы система в критическом состоянии перешла от периода хаоса к большому периоду. На вход подается сигнал, содержащий помехи, детектирование которого необходимо выполнить. Если система переходит из периода хаоса к большому периоду, это значит, что входной сигнал имеет в своем составе сигнал, который требуется выявить, при этом для решения вышеуказанного уравнения используется способ Рунге-Кутты четвертого порядка, чтобы рассчитать период системы и выявить наличие сигнала.

[0026] Система получения данных на поверхности (4) и система получения и отправки данных в скважине (2) могут обмениваться информацией в двух направлениях. Система получения и отправки данных в скважине (2) спускается в скважину вместе со сверлом для бурения. Когда начинается бурение, система получения данных на поверхности (4) передает линейный сигнал с частотной модуляцией в систему получения и отправки данных в скважине (2) для получения скважинных данных. Линейный сигнал с частотной модуляцией передается вниз в систему получения и отправки данных в скважине (2) по буровой трубе. После получения линейного сигнала с частотной модуляцией система получения и отправки данных в скважине (2) сначала рассчитывает оптимальную частоту передачи, а затем получает данные, передаваемые от устройства сбора данных в скважине. Когда бурение прекращается, система получения данных на поверхности (4) передает сигнал, обозначающий прекращение получения данных. Когда система получения и отправки данных в скважине (2) получает данный сигнал, получение скважинных данных прекращается.

#### Формула изобретения

1. Способ передачи данных о стволе скважины, отличающийся тем, что при передаче данных в качестве носителя используется волна напряжений, а буровая колонна служит в качестве канала передачи данных, включающий следующие этапы:

получение и обработка данных о скважине, при этом модуль сбора данных, расположенный на бурильной колонне, принимает аналоговый сигнал, включая данные о скважине, аналоговый сигнал преобразуется в цифровой сигнал с помощью модуля аналогово-цифрового преобразования A/D, цифровой сигнал поступает в модуль обработки сигналов DSP, который кодирует цифровой сигнал в заранее заданном формате кодирования с целью получения кодированного цифрового сигнала; отправка и передача сигналов, при этом кодированный цифровой сигнал преобразуется в аналоговый сигнал с помощью модуля цифроаналогового преобразования сигнала D/A, аналоговый сигнал направляется в модуль передачи данных для усиления, усиленный сигнал передается в пьезоэлектрический преобразователь для запуска пьезоэлектрического преобразователя, пьезоэлектрический преобразователь преобразует усиленный аналоговый сигнал в сигнал частоты волны напряжений, причем частота передачи волны напряжений выбирается в пределах полосы пропускания бурильной колонны и может автоматически регулироваться согласно различным комбинациям бурильных колонн и их длине, а сигнал частоты волны напряжений передается на поверхность через бурильную колонну; а также получение данных на поверхности, при этом модуль получения данных, установленный на патрубке бурильной трубы, получает сигнал частоты волны напряжений, передаваемый на поверхность, беспроводной ретранслятор перенаправляет сигнал частоты волны напряжений в наземное приемное устройство, сигнал частоты волны напряжений преобразуется в цифровой сигнал с помощью модуля аналого-цифрового преобразования A/D, затем цифровой сигнал поступает в наземный компьютер, который выявляет полезный слабый сигнал, скрытый среди сильных помех от цифрового сигнала, и декодирует полезный слабый сигнал.

2. Способ по п.1, дополнительно включающий в себя релейную систему, установленную в бурильной колонне, при этом модуль получения данных в релейной системе получает аналоговый сигнал, включая скважинные данные, передаваемые из скважины, преобразует аналоговый сигнал в цифровой сигнал с помощью модуля аналого-цифрового преобразования A/D и передает цифровой сигнал в модуль обработки данных, модуль обработки данных восстанавливает полезный слабый сигнал, скрытый среди сильных помех, и получает восстановленный цифровой сигнал, восстановленный цифровой сигнал преобразуется в аналоговый сигнал с помощью модуля цифроаналогового преобразования сигнала D/A и передается в модуль передачи данных, аналоговый сигнал усиливается для запуска пьезоэлектрического преобразователя, а пьезоэлектрический преобразователь преобразует усиленный аналоговый сигнал в сигнал частоты волны напряжений, сигнал частоты волны напряжений последовательно передается на поверхность.

3. Способ по п.1, отличающийся тем, что для извлечения полезного слабого сигнала из сильных фоновых помех используется детектирование генератора хаоса, при этом для детектирование генератора хаоса применяется уравнение Дуффинга:

$$\begin{cases} \dot{x} = y \\ \dot{y} = [-ky + x^3 - x^5 + \gamma \sin(t)] + \mu_A A \cos(\omega t) + Z_S \end{cases}$$

где  $\gamma$  - движущая сила,  $\mu_A A \cos(\omega t)$  - принятый полезный слабый сигнал,  $Z_S$  - помехи  $k$  - объясняется следующей формулой:

$$k = \omega / z,$$

где, в свою очередь,  $\omega = 2\pi \cdot f$ , при этом  $f$  - частота,

а  $z=z_1+z_2$ , где  $z_1$  и  $z_2$ , в свою очередь, объясняются следующим:

$$z_1=a_1 \cdot \rho \cdot c_0 \text{ и } z_2=a_2 \cdot \rho \cdot c_0,$$

где  $a_1$  - площадь поперечного сечения бурильной трубы;

$a_2$  - площадь поперечного сечения соединения;

$c_0$  - скорость звука в стали;

$\rho$  - плотность стали,

а также

при решении вышеуказанного уравнения используется способ Рунге-Кутты четвертого порядка для расчета периода системы и определения наличия сигнала.

4. Способ по п.1, отличающийся тем, что цифровой сигнал кодируется в заранее заданном формате кодирования "синхронный сигнал + сигнал данных", полный блок цифрового сигнала имеет в своем составе 8 информационных битов, из них 1 бит, соответствующий синхронному сигналу, и 7 битов, соответствующих информационному сигналу.

5. Способ по п.4, отличающийся тем, что синхронный сигнал является линейным сигналом с частотной модуляцией для определения полосы пропускания и полосы затухания бурильной колонны, выбранная полоса пропускания определяется согласно частотному уравнению волны напряжений бурильной колонны, а частота с наилучшим эффектом прохождения полосы пропускания автоматически выбирается в качестве частоты для передачи сигналов, а частотное уравнение волны напряжений бурильной колонны представлено в следующем виде:

$$\cos kd = \cos\left(\frac{\omega d_1}{c_1}\right) \cos\left(\frac{\omega d_2}{c_2}\right) - \frac{1}{2} \left(\frac{z_1}{z_2} + \frac{z_2}{z_1}\right) \sin\left(\frac{\omega d_1}{c_1}\right) \sin\left(\frac{\omega d_2}{c_2}\right)$$

где  $d_1$  - длина бурильной колонны (средняя часть);

$d_2$  - длина соединения (сумма двух соединений);

$c_1$  - скорость волны бурильной трубы;

$c_2$  - скорость волны в соединении;

$k=\omega/z$ ;

$z=z_1+z_2$ ;

$z_1=a_1 \cdot \rho \cdot c_0$ ;

$z_2=a_2 \cdot \rho \cdot c_0$ ;

$\omega=2\pi \cdot f$ ;

$d=d_1+d_2$ ;

$a_1$  - площадь поперечного сечения бурильной трубы;

$a_2$  - площадь поперечного сечения соединения;

$c_0$  - скорость звука в стали;

$\rho$  - плотность стали;

$f$  - частота.

6. Система для передачи данных о стволе скважины, включающая систему получения и отправки данных в скважине и систему получения данных на поверхности, отличающаяся тем, что система получения и отправки данных в скважине имеет в своем составе модуль сбора данных о скважине, модуль аналого-цифрового преобразования сигнала A/D, модуль обработки сигнала DSP, модуль цифроаналогового преобразования сигнала D/A и модуль передачи данных, при этом модуль сбора данных о скважине собирает данные и выдает аналоговый сигнал; модуль аналого-цифрового преобразования сигнала A/D преобразует аналоговый сигнал в цифровой сигнал и подает цифровой сигнал в модуль обработки сигнала DSP;

модуль обработки сигнала DSP кодирует цифровой сигнал и выдает кодированный цифровой сигнал; модуль цифроаналогового преобразования сигнала D/A преобразует кодированный цифровой сигнал в аналоговый сигнал; модуль передачи данных имеет в своем составе усилитель мощности и пьезоэлектрический преобразователь, причем усилитель мощности усиливает аналоговый сигнал, преобразованный модулем цифроаналогового преобразования сигнала D/A; пьезоэлектрический преобразователь преобразует усиленный аналоговый сигнал в сигнал частоты волны напряжений и передает сигнал частоты волны напряжений на поверхность через бурильную колонну; а также система получения данных на поверхности имеет в своем составе модуль получения данных, установленный на патрубке бурильной трубы, беспроводной ретранслятор, наземное приемное устройство, модуль аналого-цифрового преобразования сигнала A/D и наземный компьютер, при этом модуль получения данных получает сигнал частоты волны напряжений, передаваемый на поверхность, и подает сигнал частоты волны напряжений в беспроводной ретранслятор; беспроводной ретранслятор перенаправляет сигнал частоты волны напряжений в наземное приемное устройство; модуль аналого-цифрового преобразования сигнала A/D преобразует сигнал частоты волны напряжений в цифровой сигнал и подает цифровой сигнал в наземный компьютер; наземный компьютер выявляет полезный слабый сигнал из цифрового сигнала и декодирует полезный слабый сигнал.

7. Система по п.6, дополнительная включающая в себя: релейную систему, которая расположена между системой получения и отправки данных в скважине и системой получения данных на поверхности, причем релейная система имеет в своем составе модуль получения данных, модуль аналого-цифрового преобразования сигнала A/D, модуль обработки данных, модуль цифроаналогового преобразования сигнала D/A, модуль передачи данных и модуль питания, причем модуль получения данных получает аналоговый сигнал; модуль аналого-цифрового преобразования сигнала A/D преобразует аналоговый сигнал в цифровой сигнал; модуль обработки данных восстанавливает цифровой сигнал и подает восстановленный цифровой сигнал в модуль цифроаналогового преобразования сигнала D/A; модуль цифроаналогового преобразования сигнала D/A преобразует восстановленный цифровой сигнал в аналоговый сигнал и передает аналоговый сигнал в модуль передачи данных; модуль передачи данных имеет в своем составе усилитель мощности и пьезоэлектрический преобразователь, при этом усилитель мощности усиливает аналоговый сигнал, полученный модулем цифроаналогового преобразования сигнала D/A; пьезоэлектрический преобразователь преобразует усиленный сигнал в сигнал частоты волны напряжений и передает сигнал частоты волны напряжений на поверхность через бурильную колонну; а также модуль питания подает питание в интегральную схему релейной системы.

8. Система по п.6, отличающаяся тем, что система получения данных на поверхности и система получения и отправки данных в скважине могут обмениваться информацией в двух направлениях, при этом система получения и отправки данных в скважине спускается в скважину вместе со сверлом для бурения; когда начинается бурение, система получения данных на поверхности передает линейный сигнал с частотной модуляцией в систему получения и отправки данных в скважине; линейный сигнал с частотной модуляцией передается вниз в систему получения и отправки данных в скважине по бурильной трубе; после получения линейного сигнала с частотной модуляцией система получения и отправки данных в скважине

5 рассчитывает оптимальную частоту передачи и начинает получать данные, передаваемые от устройства сбора данных в скважине; когда бурение прекращается, система получения данных на поверхности передает сигнал, обозначающий прекращение получения данных; когда система получения и отправки данных в скважине получает данный сигнал, получение скважинных данных прекращается.

10

15

20

25

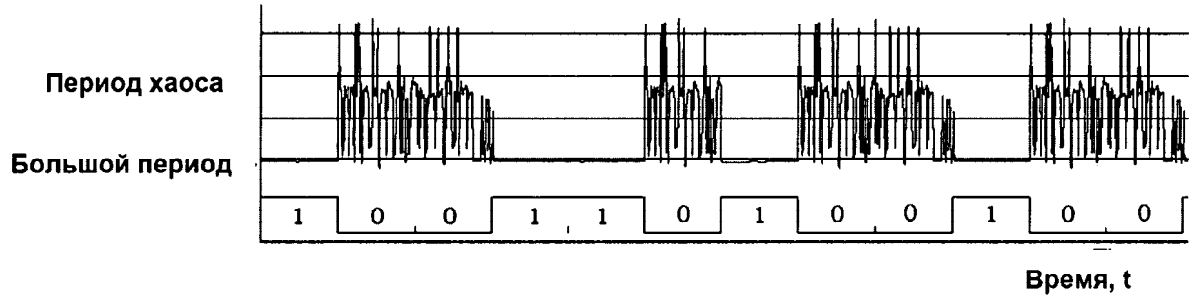
30

35

40

45

50



Фиг. 2