

SARTA DE BOMBA ELÉCTRICA SUMERGIBLE (ESP) Y SISTEMA DE ORIENTACIÓN ESP

ANTECEDENTES

- 5 [0001] La presente divulgación se refiere, en general, a la perforación direccional y la aplicación en el fondo del pozo de un sistema de levantamiento artificial para acceder a un yacimiento de pozo y, en particular, a un sistema y método para controlar la orientación de una sarta de bomba eléctrica sumergible (ESP) al acceder a un yacimiento de pozo desde una posición horizontal.
- 10 [0002] Las tecnologías de perforación direccional en las industrias del petróleo y el gas han avanzado la producción al permitir a los operadores perforar horizontalmente a través de las zonas de producción, llegando a yacimientos donde el acceso vertical es limitado, por ejemplo, debajo de las ciudades. Las tecnologías de perforación direccional también permiten la producción de múltiples pozos desde una ubicación de superficie centralizada.
- 15 Esta perforación horizontal o desviada ha creado nuevos desafíos para los proveedores de elevadores artificiales.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

- [0003] Para una comprensión más completa de las características y ventajas de la presente descripción, ahora se hace referencia a la descripción detallada junto con las
- 20 figuras adjuntas en las que los números correspondientes en las diferentes figuras se refieren a las partes correspondientes y en las que:
- [0004] La FIG. 1 es una ilustración de una estación de bombeo de pozo y un pozo desviado y una sarta de ESP colocada en este, de acuerdo con ciertas realizaciones de ejemplo;
- 25 [0005] La FIG. 2A es una ilustración de una sarta de bomba eléctrica sumergible en el fondo del pozo con un acelerómetro y una configuración de adquisición de datos, de acuerdo con ciertas realizaciones de ejemplo;
- [0006] La FIG. 2B es una ilustración de una sección de la sarta de bombas que tiene puertos de entrada y descarga y una disposición particular de acelerómetro, de acuerdo
- 30 con ciertas realizaciones de ejemplo; y

[0007] La FIG. 3A es una ilustración de una sección de sarta que tiene un acelerómetro, según determinadas formas de realización de ejemplo;

[0008] La FIG. 3B es una ilustración de un algoritmo de adquisición de datos para provocar el control de la orientación de una sarta de bombas eléctricas sumergibles de fondo de pozo, de acuerdo con ciertas realizaciones de ejemplo; y

[0009] La FIG. 4 es un diagrama de bloques que representa una máquina de computación y aplicaciones de sistema, de acuerdo con ciertas realizaciones de ejemplo.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

[0010] Si bien la elaboración y el uso de diversas modalidades de la presente descripción se discuten en detalle a continuación, debe apreciarse que la presente descripción proporciona muchos conceptos inventivos aplicables, que pueden incorporarse en una amplia variedad de contextos específicos. Las modalidades específicas discutidas en la presente son meramente ilustrativas y no delimitan el alcance de la presente descripción. A efectos de claridad, es posible que no se describan en la presente descripción todas las características de una implementación real. Evidentemente, se apreciará que en el desarrollo de toda modalidad real de ese tipo, se deben tomar numerosas decisiones específicas de implementación para alcanzar las metas específicas del desarrollador, tales como ajustarse a las limitaciones relacionadas con el sistema y el negocio que variarán de una implementación a otra. Además, se observará que tal esfuerzo de desarrollo podría ser complejo y consumir tiempo, no obstante, sería una tarea habitual para los expertos en la técnica que se benefician de la presente descripción.

[0011] A veces se requieren pozos desviados para acceder a los yacimientos donde el acceso vertical no es una opción. La trayectoria de los fluidos de petróleo y gas a través de la tubería de revestimiento horizontal se comporta de manera diferente que en las aplicaciones verticales tradicionales. Debido al cambio en la dinámica de la corriente de fluidos, el diseño de la bomba sumergible eléctrica (ESP) puede beneficiarse al comprender la orientación de asentamiento de la bomba o del sistema. En una corriente de flujo horizontal, los fluidos de los yacimientos (gas y líquido) se separan más fácilmente y pueden formar dos trayectorias de flujo laminar o paralelas. Comprender la orientación de una sarta de ESP en su posición de asentamiento puede ayudar a los operadores de

producción en su capacidad para evitar el gas colocando el puerto de entrada de la bomba en una posición hacia abajo, o en la posición más baja, para aprovechar los efectos gravitacionales de la tierra para separar los fluidos del gas y colocando los puertos de descarga en la parte superior, o en la posición más alta, para expulsar el gas de la corriente de líquido.

[0012] Refiriéndose a la FIG. 1, se ilustra una estación de bombeo de pozo que incluye un pozo desviado y una sarta de ESP colocada en este, de acuerdo con ciertas realizaciones de ejemplo, indicadas generalmente como 10. El sitio incluye un centro de control 12, un cabezal de pozo 14, un entubado de pozo 16 y una sarta de ESP 18. En esta realización, la sarta de ESP 18 incluye una bomba 20, un separador de gas 22, un sello 24, un motor 26 y una sección de sarta 28 que incluye un sistema de adquisición de datos. Una extensión de cable de motor (MLE) 30 va desde el motor 26 al centro de control 12. En esta aplicación, el pozo se desvía lo suficiente como para que la sarta de ESP 18 se extienda a lo largo de una horizontal con la superficie de la tierra o se indique de manera diferente paralela a la superficie de la tierra. La desviación del pozo se utiliza para aprovechar los efectos gravitacionales de la tierra, de modo que el fluido bombeado desde un depósito se pueda separar de manera más eficaz. En una realización, la sarta 18 incluye puertos, por ejemplo, puertos de entrada o puertos de descarga. En esta realización particular, el separador de gas 22 incluye puertos de entrada y descarga. Para aprovechar los efectos gravitacionales de la tierra, la posición de la sarta 18 está orientada de modo que los puertos se coloquen en la parte superior y/o parte inferior de la sarta. Esto puede mejorar significativamente la función de la bomba 20 y el motor 26.

[0013] En una realización, los sensores de acelerómetro se montan en diferentes posiciones a lo largo de la sarta 18, por ejemplo, cerca del separador 22 y la sección de sarta 28. Durante la instalación, los sensores del acelerómetro se utilizan para comprender la orientación de la sarta 18 con el fin de instalar la sarta 18 de manera más eficiente y eficaz. El beneficio de conocer la orientación de la sarta 18 proporciona a los instaladores la capacidad de rotar la sarta 18 a medida que se baja al pozo junto con la comprensión de la inclinación para la colocación final del asentamiento. Los datos de orientación del sensor le dan al instalador la capacidad de aplicar más o menos torque a la sarta 18 mientras se ensambla en la cabeza del pozo al bajar el equipo para mantener

el equipo correctamente orientado. En una realización, los datos de los sensores del acelerómetro son utilizados por el sistema de adquisición de datos para hacer que la posición de la sarta 18 se oriente de manera que los puertos de entrada estén colocados mirando hacia el fondo de la tubería de revestimiento del pozo 16 y los puertos de descarga estén orientados hacia la parte superior del revestimiento del pozo 16. Además, la capacidad de los sensores para comunicar el grado de inclinación de la sarta 18 en relación con la vertical permite al instalador la capacidad de asentar la entrada del ESP en el área donde tiene lugar la desviación de vertical a horizontal. El asentamiento de un ESP en tal posición coloca la entrada o el agujón de entrada en una posición óptima para evitar el gas al aprovechar la separación natural del pozo donde el líquido tiene las fuerzas opuestas de la inercia frente a la gravedad. Esta sección del pozo tiene la mayor acumulación de líquido en el lado inferior de la tubería de revestimiento.

[0014] Refiriéndonos ahora a la FIG. 2A y FIG. 2B, se ilustra la sarta 18 de ESP de fondo de pozo con una configuración de sensor de acelerómetro y una sección de adquisición de datos, de acuerdo con ciertas realizaciones de ejemplo. En una realización, los sensores de acelerómetro están montados en la sarta 18. Por ejemplo, la sección 28 con sensores de acelerómetro está montada en el motor 26 en una señal predeterminada o punto designado que se usa para indicar la orientación del motor en base a los datos de retroalimentación del sensor de acelerómetro. En una realización, los sensores se montan en el separador de gas 22 en una señal o es decir, en una ubicación designada en una sección de la sarta que se usa para indicar la orientación del separador 22 en base a los datos de retroalimentación del acelerómetro. También debe entenderse que el separador 22 también puede ser simplemente una sección con solo puertos de entrada 32 y sin puertos de descarga 34, u obviamente ambos puertos de entrada 32 y puertos de descarga 34. Como se indicó anteriormente, la ubicación de los sensores del acelerómetro de acuerdo con las señales antes de que la sarta se coloque en la tubería de revestimiento del pozo 16 permite un posicionamiento más preciso de la sarta 18 en la tubería de revestimiento del pozo 16 de modo que los puertos estén orientados en una dirección favorable durante el reposo, es decir, su lugar de asentamiento final, y la sarta 18 se coloca en una ubicación óptima en el pozo.

[0015] Como puede verse en la FIG. 3A, el separador 22 está montado con un sensor 202 de acelerómetro. La colocación del sensor 202 en una ubicación predeterminada, es decir, una señal, se usa para comprender la orientación del separador, por ejemplo, durante la instalación. El sensor 202 del acelerómetro es un acelerómetro de 3 ejes definido por los ejes x, y y z. Una medida g estática desde el eje z proporciona la cantidad de verticalidad de la inclinación vertical completa de la sarta 18 de ESP en relación con la gravedad de la tierra (g). Por ejemplo, cuando la sarta ESP 18 es vertical, o aproximadamente vertical, se puede determinar que la salida del sensor 202 del acelerómetro es igual a 1g, o se aproxima a ella, y cuando la sarta ESP 18 es horizontal, o aproximadamente vertical, la salida se puede determinar que la sarta ESP 18 es igual a 0g, o se aproxima a ella.

[0016] Con respecto al separador 22, la orientación de entrada, es decir, rotacional alrededor de la sarta ESP 18, tal como la procesa el sistema de adquisición de datos, utiliza g estática de los ejes x e y, con al menos uno de los dos ejes alineados durante el montaje del sensor-motor de modo que un eje esté alineado con la característica de entrada de puerto 32 y el alojamiento del sensor durante el montaje del motor del sensor. Una marca de orientación visible, es decir, una señal, puede estar en el sensor 202 indicando la posición del eje x o y, y la indicación puede usarse para orientar la entrada del puerto 32. Por ejemplo, si el eje x está alineado con la entrada de la bomba y la entrada de la bomba y la sarta ESP 18 están instaladas en una posición horizontal en un pozo, es decir, el eje z = 0g estático, entonces el eje x leerá 1g si la entrada de la bomba está alineada en la parte superior de la sarta ESP 18, o leerá -1g si está en la parte inferior y 0g si está de costado.

[0017] En una realización, el sensor del acelerómetro 202 se coloca en una lista de modo que los datos de retroalimentación del sensor 202 indiquen la orientación angular, es decir, la magnitud y la dirección, de la interfaz para el MLE 30. El sensor del acelerómetro 202 se coloca en una señal en el separador de gas 22, por ejemplo, alineado con el puerto, de modo que los datos de retroalimentación del sensor 202 indiquen la orientación angular de los puertos. Expresado de manera ligeramente diferente, el sensor 202 del acelerómetro proporciona datos de retroalimentación que son utilizados por un sistema de adquisición de datos, ver la máquina de computación de la Fig. 4, para

determinar la inclinación (x) y el cabeceo (y) en relación con la guiñada (z) o cualquier combinación de estos. Esta información es utilizada por el sistema de adquisición de datos para determinar la orientación de la sarta 18, incluida la inclinación, calcular un valor de desplazamiento basado en un valor de orientación deseado y hacer que la orientación de la sarta 18 o sección de esta se ajuste en respuesta. Aunque, el cálculo del valor de compensación puede ser una opción, dependiendo de la aplicación.

[0018] Refiriéndonos ahora a la FIG. 3B, se ilustra un algoritmo de adquisición de datos para provocar el control de la orientación de una sarta de bombas eléctricas sumergibles de fondo de pozo, según ciertas realizaciones de ejemplo. El algoritmo comienza en el bloque 204 donde un sistema de adquisición de datos monitorea las señales de retroalimentación de al menos un sensor del acelerómetro 202 y transmite los datos del acelerómetro para su procesamiento, en el bloque 206. En una realización, el sistema de adquisición de datos incluye múltiples secciones de fondo de pozo, por ejemplo, un acelerómetro 202 y una configuración de adquisición de datos en la sección 28 y motor 26 y un acelerómetro 202 y una configuración de adquisición de datos en el separador de gas 22. Alternativamente, puede haber solo un acelerómetro 202 en el separador de gas 22 y un acelerómetro 202 y una configuración de adquisición de datos en el motor 26 y la sección 28. La interfaz de comunicaciones del sistema de adquisición de datos puede ser alámbrica o inalámbrica, dependiendo del acelerómetro 202 y la configuración del sistema de adquisición de datos. En una realización, el sistema de adquisición de datos puede incluir una sección del sistema de fondo de pozo y otra sección por encima del pozo, por ejemplo, en el centro de control 12.

[0019] En el bloque 208, el sistema de adquisición de datos determina la orientación identificando el sensor de acelerómetro 202 y calculando un valor de compensación basado en un valor de orientación deseado asociado con el sensor de acelerómetro 202 montado y la medición proporcionada por el sensor 202. El valor de orientación deseado puede ser un valor predeterminado que indica la alineación angular adecuada de los ejes del acelerómetro. A continuación, el sistema de adquisición de datos genera un comando de ajuste de orientación y un valor de compensación calculado y envía el comando para su procesamiento. El comando también puede incluir un identificador que identifica el sensor del acelerómetro 202. El operador del pozo puede utilizar el valor de compensación

para ajustar la orientación de la sarta 18, por ejemplo, para alinear los puertos, y/o colocar la sarta 18 en una ubicación particular, por ejemplo, en la ubicación donde hay una transición de una trayectoria vertical a una horizontal, en el entubado del pozo 16, ya sea manualmente o automáticamente. En una realización, el sistema de adquisición de datos puede determinar la orientación de la sarta 18 y determinar si los puertos están colocados incorrectamente y la sarta 18 está inclinada incorrectamente, en comparación con los datos de orientación deseados, y enviar el comando de ajuste de orientación y el valor de compensación calculado cuando necesario. Dicho de manera ligeramente diferente, el sistema de adquisición de datos puede recibir las mediciones del sensor 202, determinar un valor de compensación a partir de las mediciones, comparar el valor de compensación con un valor de umbral predeterminado y enviar el valor al centro de control 12 si el valor excede el valor de orientación por el umbral predeterminado. Debe entenderse que el uso del término acelerómetro en toda la especificación puede significar el uso de un acelerómetro y un magnetómetro.

[0020] Refiriéndonos ahora a la FIG. 4, se ilustra una máquina informática 300 y un módulo de aplicaciones del sistema 400, según realizaciones de ejemplo. La máquina informática 300 puede corresponder a cualquiera de las diversas computadoras, dispositivos móviles, computadoras portátiles, servidores, sistemas integrados o sistemas informáticos aquí presentados. El módulo 400 puede comprender uno o más elementos de hardware o software, por ejemplo, otra aplicación de sistema operativo y aplicaciones de espacio de usuario y de núcleo, diseñadas para facilitar a la máquina informática 300 la realización de los diversos métodos y funciones de procesamiento aquí presentados. La máquina informática 300 puede incluir varios componentes internos o adjuntos tales como un procesador 310, bus del sistema 320, memoria del sistema 330, medio de almacenamiento 340, interfaz de entrada/salida 350, una interfaz de red 360 para comunicarse con una red 370, p. ej. celular/GPS, Bluetooth o WIFI y un acelerómetro 380, o un magnetómetro, o una combinación de magnetómetro y acelerómetro.

[0021] Las máquinas informáticas se pueden implementar como un sistema informático convencional, un controlador integrado, una computadora portátil, un servidor, un dispositivo móvil, un teléfono inteligente, una computadora portátil, una máquina personalizada, cualquier otra plataforma de hardware o cualquier combinación o

multiplicidad de estos. Las máquinas informáticas pueden ser un sistema distribuido configurado para funcionar utilizando múltiples máquinas informáticas interconectadas a través de una red de datos o un sistema de bus.

[0022] El procesador 310 puede diseñarse para ejecutar instrucciones de código con el fin de realizar las operaciones y la funcionalidad descritas en la presente, gestionar el flujo de solicitudes y las asignaciones de direcciones, y realizar cálculos y generar comandos. El procesador 310 se puede configurar para supervisar y controlar el funcionamiento de los componentes en las máquinas informáticas. El procesador 310 puede ser un procesador de propósitos generales, un núcleo de procesador, un multiprocesador, un procesador reconfigurable, un microcontrolador, un procesador de señal digital ("DSP"), un circuito integrado de aplicación específica ("ASIC"), un controlador, una máquina estado, lógica cerrada, componentes de hardware discretos, cualquier otra unidad de procesamiento o cualquier combinación o multiplicidad de estos. El procesador 310 puede ser una sola unidad de procesamiento, múltiples unidades de procesamiento, un solo núcleo de procesamiento, múltiples núcleos de procesamiento, núcleos de procesamiento de propósitos especiales, coprocesadores o cualquier combinación de estos. Según determinadas realizaciones, el procesador 310 junto con otros componentes de la máquina informática 300 puede ser una máquina informática virtualizada basada en software o hardware que se ejecuta dentro de una o más de otras máquinas informáticas.

[0023] La memoria del sistema 330 puede incluir memorias no volátiles como memoria de solo lectura ("ROM"), memoria de solo lectura programable ("PROM"), memoria de solo lectura programable y borrrable ("EPROM"), memoria flash, o cualquier otro dispositivo capaz de almacenar instrucciones o datos de programas con o sin energía aplicada. La memoria del sistema 330 también puede incluir memorias volátiles como la memoria de acceso aleatorio ("RAM"), la memoria de acceso aleatorio estática ("SRAM"), la memoria de acceso aleatorio dinámico ("DRAM") y la memoria de acceso aleatorio dinámico síncrono ("SDRAM"). También se pueden usar otros tipos de RAM para implementar la memoria del sistema 330. La memoria del sistema 330 se puede implementar usando un solo módulo de memoria o múltiples módulos de memoria. Aunque la memoria 330 del sistema se representa como parte de la máquina informática,

un experto en la técnica reconocerá que la memoria 330 del sistema puede separarse de la máquina informática 300 sin apartarse del alcance de la tecnología en cuestión. También debería apreciarse que la memoria del sistema 330 puede incluir, o funcionar junto con, un dispositivo de almacenamiento no volátil como el medio de almacenamiento

5 340.

[0024] El medio de almacenamiento 340 puede incluir un disco duro, un disquete, un disco compacto de memoria de sólo lectura ("CD-ROM"), un disco versátil digital ("DVD"), un disco Blu-ray, una cinta magnética, un memoria flash, otro dispositivo de memoria no volátil, una unidad de estado sólido ("SSD"), cualquier dispositivo de almacenamiento

10 magnético, cualquier dispositivo de almacenamiento óptico, cualquier dispositivo de almacenamiento eléctrico, cualquier dispositivo de almacenamiento de semiconductores, cualquier dispositivo de almacenamiento de base física, cualquier otro dispositivo de almacenamiento de datos, o cualquier combinación o multiplicidad de estos. El medio de almacenamiento 340 puede almacenar uno o más sistemas operativos, programas de

15 aplicación y módulos de programa, datos o cualquier otra información. El medio de almacenamiento 340 puede ser parte de, o estar conectado a, la máquina informática. El medio de almacenamiento 340 también puede ser parte de una o más máquinas informáticas que están en comunicación con la máquina informática, tales como servidores, servidores de bases de datos, almacenamiento en la nube, almacenamiento

20 conectado a la red, etc.

[0025] El módulo de aplicaciones 400 y otros módulos de aplicación de sistema operativo pueden comprender uno o más elementos de hardware o software configurados para facilitar a la máquina informática la realización de los diversos métodos y funciones de procesamiento presentados en la presente. El módulo de aplicaciones 400 y otros

25 módulos de aplicaciones de sistema operativo pueden incluir uno o más algoritmos o secuencias de instrucciones almacenadas como software o firmware en asociación con la memoria del sistema 330, el medio de almacenamiento 340 o ambos. Por lo tanto, el medio de almacenamiento 340 puede representar ejemplos de medios legibles por máquina o computadora en los que se pueden almacenar instrucciones o código para su

30 ejecución por el procesador 310. Los medios legibles por máquina o computadora pueden referirse generalmente a cualquier medio o medios utilizados para proporcionar

instrucciones al procesador 310. Dichos medios legibles por computadora o máquina asociados con el módulo de aplicaciones 400 y otros módulos de aplicación de sistema operativo pueden comprender un producto de software de computadora. Debería apreciarse que un producto de software de computadora que comprende el módulo de aplicaciones 400 y otros módulos de aplicación del sistema operativo también puede asociarse con uno o más procesos o métodos para entregar el módulo de aplicaciones 400 y otros módulos de aplicación del sistema operativo a la máquina de computación a través de una red, cualquier medio portador de señales o cualquier otra tecnología de comunicación o entrega. El módulo de aplicaciones 400 y otros módulos de aplicación del sistema operativo también pueden comprender circuitos de hardware o información para configurar circuitos de hardware tales como microcódigo o información de configuración para un FPGA u otro PLD. En una realización ejemplar, el módulo de aplicaciones 400 y otros módulos de aplicación del sistema operativo pueden incluir algoritmos capaces de realizar las operaciones funcionales descritas por los diagramas de flujo y los sistemas informáticos aquí presentados.

[0026] La interfaz de entrada/salida ("I/O") 350 puede configurarse para acoplarse a uno o más dispositivos externos, para recibir datos de uno o más dispositivos externos y para enviar datos a uno o más dispositivos externos. Estos dispositivos externos, junto con los diversos dispositivos internos, también se pueden conocer como dispositivos periféricos. La interfaz de I/O 350 puede incluir conexiones tanto eléctricas como físicas para acoplar los diversos dispositivos periféricos a la máquina informática o al procesador 310. La interfaz de I/O 350 se puede configurar para comunicar datos, direcciones y señales de control entre los dispositivos periféricos, la máquina de computación o el procesador 310. La interfaz de I/O 350 se puede configurar para implementar cualquier interfaz estándar, como una interfaz de sistema de computadora pequeña ("SCSI"), SCSI conectada en serie ("SAS"), canal de fibra, interconexión de componentes periféricos ("PCI"), PCI express (PCIe), bus serial, bus paralelo, tecnología avanzada adjunta ("ATA"), serial ATA ("SATA"), bus serial universal ("USB"), Thunderbolt, FireWire, varios buses de video y similares. La interfaz de I/O 350 se puede configurar para implementar solo una interfaz o tecnología de bus. Alternativamente, la interfaz de I/O 350 se puede configurar para implementar múltiples interfaces o tecnologías de bus. La interfaz de I/O

350 se puede configurar como parte de, todo o para operar junto con el bus de sistema 320. La interfaz de I/O 350 puede incluir uno o más tapones para almacenar en tapón las transmisiones entre uno o más dispositivos externos, dispositivos internos, la máquina de computación o el procesador 320.

5 [0027] La interfaz de I/O 320 puede acoplar la máquina informática a varios dispositivos de entrada, incluidos ratones, pantallas táctiles, escáneres, digitalizadores electrónicos, sensores, receptores, paneles táctiles, ruedas de desplazamiento, cámaras, micrófonos, teclados, cualquier otro dispositivo señalador o cualquier combinación de estos. La interfaz de I/O 320 puede acoplar la máquina de computación a varios
10 dispositivos de salida, incluyendo pantallas de video, parlantes, impresoras, proyectores, dispositivos de retroalimentación táctil, control de automatización, componentes robóticos, actuadores, motores, ventiladores, solenoides, válvulas, bombas, transmisores, emisores de señales, luces, etc.

[0028] La máquina informática 300 puede funcionar en un entorno de red utilizando
15 conexiones lógicas a través de la NIC 360 a uno o más sistemas o máquinas informáticas a través de una red. La red puede incluir redes de área amplia (WAN), redes de área local (LAN), intranets, Internet, redes de acceso inalámbrico, redes cableadas, redes móviles, redes telefónicas, redes ópticas o combinaciones de estas. La red puede ser conmutada por paquetes, conmutada por circuitos, de cualquier topología y puede utilizar cualquier
20 protocolo de comunicación. Los enlaces de comunicación dentro de la red pueden involucrar varios medios de comunicación digitales o analógicos tales como cables de fibra óptica, ópticas de espacio libre, guías de ondas, conductores eléctricos, enlaces inalámbricos, antenas, comunicaciones de radiofrecuencia, etc.

[0029] El acelerómetro 380 puede ser un acelerómetro de sistemas
25 microelectromecánicos (MEMS). El acelerómetro 380 puede ser un acelerómetro de un solo eje o de varios ejes para detectar la magnitud y la dirección de la aceleración de la sarta como una cantidad vectorial y, por lo tanto, se utiliza para detectar la orientación. El procesador 310 se puede conectar a los otros elementos de la máquina de computación o los diversos periféricos discutidos aquí a través del bus de sistema 320. Debe apreciarse
30 que el bus del sistema 320 puede estar dentro del procesador 310, fuera del procesador 310 o en ambos. Según algunas realizaciones, cualquiera de los procesadores 310, los

otros elementos de la máquina de computación o los diversos periféricos discutidos en la presente pueden integrarse en un solo dispositivo, como un sistema en chip ("SOC"), sistema en paquete ("SOP") o dispositivo ASIC.

[0030] Las realizaciones pueden comprender un programa informático que incorpora las funciones descritas e ilustradas en la presente, en el que el programa informático se implementa en un sistema informático que comprende instrucciones almacenadas en un medio legible por máquina y un procesador que ejecuta las instrucciones. Sin embargo, debería ser evidente que podría haber muchas formas diferentes de implementar realizaciones en la programación informática, y las realizaciones no deberían interpretarse como limitadas a ningún conjunto de instrucciones de programas informáticos a menos que se divulgue lo contrario para una realización ejemplar. Además, un programador experto podría escribir un programa informático de este tipo para implementar una realización de las realizaciones descritas en base a los diagramas de flujo adjuntos, los algoritmos y la descripción asociada en el texto de la aplicación. Por lo tanto, la divulgación de un conjunto particular de instrucciones de código de programa no se considera necesaria para una comprensión adecuada de cómo realizar y utilizar realizaciones. Además, los expertos en la técnica apreciarán que uno o más aspectos de las realizaciones descritas en la presente se pueden realizar mediante hardware, software o una combinación de estos, como se puede realizar en uno o más sistemas informáticos. Además, cualquier referencia a un acto realizado por una computadora no debe interpretarse como realizada por una sola computadora, ya que más de una computadora puede realizar el acto.

[0031] Las realizaciones de ejemplo descritas en la presente se pueden usar con hardware y software de computadora que realizan los métodos y funciones de procesamiento descritos anteriormente. Los sistemas, métodos y procedimientos descritos en la presente se pueden realizar en un ordenador programable, software ejecutable por ordenador o circuitos digitales. El software se puede almacenar en medios legibles por computadora. Por ejemplo, los medios legibles por computadora pueden incluir un disquete, RAM, ROM, disco duro, medios extraíbles, memoria flash, pendrive, medios ópticos, medios magneto-ópticos, CD-ROM, etc. Los circuitos digitales pueden

incluir circuitos integrados, matrices de puertas, lógica de bloques de construcción, matrices de puertas programables en campo (FPGA), etc.

[0032] Los sistemas, métodos y actos de ejemplo descritos en las realizaciones presentadas anteriormente son ilustrativos y, en realizaciones alternativas, ciertos actos se pueden realizar en un orden diferente, en paralelo entre sí, omitidos por completo. y/o combinado entre diferentes ejemplos de realización, y/o se pueden realizar ciertos actos adicionales, sin apartarse del alcance y espíritu de varias realizaciones. Por consiguiente, tales realizaciones alternativas se incluyen en la descripción de la presente.

[0033] Tal como se usa en la presente, se pretende que las formas singulares “un”, “uno”, “el” y “la” incluyan también las formas en plural, a menos que el contexto indique claramente lo contrario. Se entenderá adicionalmente que las expresiones “comprende” y/o “que comprende”, cuando se usan en esta memoria descriptiva, especifican la presencia de las características, números enteros, etapas, operaciones, elementos y/o componentes expresados, pero no excluyen la presencia ni la adición de una o más características, números enteros, etapas, operaciones, elementos, componentes y/o grupos de estos. Tal como se usa en la presente, la expresión “y/o” incluye cualquiera y todas las combinaciones de uno o más de los elementos enumerados asociados. Como se usa en la presente, frases tales como “entre X e Y” y “entre aproximadamente X e Y” deben interpretarse para incluir X e Y. Como se usa en la presente, frases tales como “entre aproximadamente X e Y” significan “entre aproximadamente X y acerca de Y. Como se usa en la presente, frases como “de aproximadamente X a Y” significan “de aproximadamente X a aproximadamente Y”.

[0034] Como se usa en la presente, “hardware” puede incluir una combinación de componentes discretos, un circuito integrado, un circuito integrado específico de la aplicación, una matriz de puertas programables en campo u otro hardware adecuado. Como se usa en la presente, “software” puede incluir uno o más objetos, agentes, hilos, líneas de código, subrutinas, aplicaciones de software separadas, dos o más líneas de código u otras estructuras de software adecuadas que operan en dos o más aplicaciones de software, en una o más más procesadores (donde un procesador incluye una o más microcomputadoras u otras unidades de procesamiento de datos adecuadas, dispositivos de memoria, dispositivos de entrada y salida, pantallas, dispositivos de entrada de datos

como un teclado o un mouse, periféricos como impresoras y altavoces, controladores asociados, control tarjetas, fuentes de alimentación, dispositivos de red, dispositivos de estación de acoplamiento u otros dispositivos adecuados que operan bajo el control de sistemas de software junto con el procesador u otros dispositivos) u otras estructuras de software adecuadas. En una realización ejemplar, el software puede incluir una o más líneas de código u otras estructuras de software adecuadas que operan en una aplicación de software de propósito general, como un sistema operativo, y una o más líneas de código u otras estructuras de software adecuadas que operan con una aplicación de software con propósitos específicos. Como se usa en la presente, el término "pareja" y sus términos afines, como "parejas" y "acoplado", pueden incluir una conexión física (como un conductor de cobre), una conexión virtual (como a través de ubicaciones de memoria asignadas al azar de un dispositivo de memoria de datos), una conexión lógica (por ejemplo, a través de puertas lógicas de un dispositivo semiconductor), otras conexiones adecuadas o una combinación adecuada de dichas conexiones. El término "datos" puede referirse a una estructura adecuada para usar, transportar o almacenar datos, como un campo de datos, un búfer de datos, un mensaje de datos que tiene el valor de datos y datos de dirección de remitente y destinatario, un mensaje de control que tiene el valor de los datos y uno o más operadores que hacen que el sistema o componente receptor realice una función utilizando los datos, u otros componentes de hardware o software adecuados para el procesamiento electrónico de datos.

[0035] En general, un sistema de software es un sistema que opera en un procesador para realizar funciones predeterminadas en respuesta a campos de datos predeterminados. Por ejemplo, un sistema puede definirse por la función que realiza y los campos de datos en los que realiza la función. Como se usa en la presente, un sistema NAME, donde NAME es típicamente el nombre de la función general que realiza el sistema, se refiere a un sistema de software que está configurado para operar en un procesador y para realizar la función divulgada en los campos de datos divulgados. A menos que se divulgue un algoritmo específico, entonces cualquier algoritmo adecuado que sea conocido por un experto en la técnica para realizar la función usando los campos de datos asociados se contempla como que cae dentro del alcance de la divulgación. Por ejemplo, un sistema de mensajes que genera un mensaje que incluye un campo de

dirección de remitente, un campo de dirección de destinatario y un campo de mensaje abarcaría el software que opera en un procesador que puede obtener el campo de dirección del remitente, el campo de dirección del destinatario y el campo de mensaje de un sistema adecuado. o dispositivo del procesador, como un dispositivo de búfer o un sistema de búfer, puede ensamblar el campo de dirección del remitente, el campo de dirección del destinatario y el campo de mensaje en un formato de mensaje electrónico adecuado (como un mensaje de correo electrónico, un TCP/IP mensaje o cualquier otro formato de mensaje adecuado que tenga un campo de dirección de remitente, un campo de dirección de destinatario y un campo de mensaje), y pueda transmitir el mensaje electrónico utilizando sistemas de mensajería electrónica y dispositivos del procesador a través de un medio de comunicaciones, como una red. Un experto en la técnica sería capaz de proporcionar la codificación específica para una aplicación específica basada en la descripción anterior, que pretende exponer realizaciones ejemplares de la presente descripción, y no proporcionar un tutorial para alguien que tenga una habilidad en la técnica menor a la normal, como alguien que no esté familiarizado con la programación o procesadores en un lenguaje de programación adecuado. Se puede proporcionar un algoritmo específico para realizar una función en forma de diagrama de flujo o en otros formatos adecuados, donde los campos de datos y las funciones asociadas se pueden establecer en un orden de operaciones ejemplar, donde el orden se puede reorganizar según convenga y no sea adecuado. pretende ser limitante a menos que se indique explícitamente como limitante.

[0036] Las modalidades descritas anteriormente se presentan con fines ilustrativos y para permitir que un experto en la técnica ponga en práctica la descripción, que no pretende ser exhaustiva ni limitada a las formas descritas. Muchas modificaciones y variaciones insustanciales serán evidentes para los expertos en la técnica sin apartarse del alcance y el espíritu de la descripción. El alcance de las reivindicaciones está dirigido a cubrir ampliamente las modalidades descritas y todas sus modificaciones. Además, las siguientes cláusulas representan modalidades adicionales de la descripción y deben considerarse dentro de su alcance:

[0037] Cláusula 1, un sistema incluye una sarta de ESP de fondo de pozo que tiene una sección con al menos uno de un puerto de entrada y un puerto de descarga colocados

en el pozo; un acelerómetro acoplado a la sección de la sarta para medir la orientación de al menos uno del puerto de entrada y el puerto de descarga y enviar datos de orientación del puerto; y un sistema de adquisición de datos para recibir los datos de orientación del puerto y provocar un ajuste en la orientación de la sección.

5 [0038] Cláusula 2, el sistema de la cláusula 1, en el que la posición del acelerómetro acoplado está alineada con la posición de al menos uno de los puertos de entrada y descarga.

[0039] Cláusula 3, el sistema de la cláusula 1, en el que la sección está orientada de modo que el puerto de entrada esté en la parte inferior de la sarta mirando hacia el suelo
10 del pozo.

[0040] Cláusula 4, el sistema de la cláusula 1, en el que la sección está orientada de modo que el puerto de entrada esté en la parte inferior de la sarta y el puerto de descarga esté en la parte superior de la sarta mirando hacia el techo del pozo.

[0041] Cláusula 5, el sistema de la cláusula 1, en el que el sistema de adquisición de
15 datos además: determina un valor de compensación basado en la medición; y envía el valor de compensación a un centro de operaciones de pozos.

[0042] Cláusula 6, el sistema de la cláusula 1, en el que el sistema de adquisición de datos además: determina un valor de compensación basado en la medición; compara el valor de compensación con un valor de orientación deseado; y envía el valor de
20 compensación al centro de operaciones del pozo si el valor de compensación excede el valor de orientación deseado en un umbral predeterminado.

[0043] Cláusula 7, el sistema de la cláusula 1, en el que el sistema de adquisición de datos mide la salida del acelerómetro con cualquier combinación de los ejes x, y, z y determina un ángulo de grado de inclinación con respecto a una alineación vertical
25 estática 1G de la sarta durante la instalación y el descanso.

[0044] Cláusula 8, el sistema de la cláusula 1, en el que el sistema de adquisición de datos hace que la sarta se oriente de modo que el puerto de entrada esté orientado hacia una superficie inferior del pozo, en el que el pozo corre longitudinalmente en una dirección horizontal.

[0045] Cláusula 9, el sistema de la cláusula 1, en el que el sistema de adquisición de datos hace que la sarta se coloque en el pozo de modo que el puerto de entrada se encuentre en un lugar del pozo donde se produce la desviación de vertical a horizontal.

[0046] Cláusula 10, un método para orientar una sarta de ESP de fondo de pozo en un pozo, el método comprende: colocar una sarta de bomba eléctrica sumergible de fondo de pozo que tiene una sección con al menos uno de un puerto de entrada y un puerto de descarga en el pozo; medir, usando un acelerómetro acoplado a la sección de la sarta, la orientación de al menos uno del puerto de entrada y el puerto de descarga y enviar datos de orientación del puerto; y recibir, utilizando un sistema de adquisición de datos, los datos de orientación del puerto y provocar un ajuste en la orientación de la sección.

[0047] Cláusula 11, el método de la cláusula 10, en el que la posición del acelerómetro acoplado está alineada con la posición de al menos uno de los puertos de entrada y descarga.

[0048] Cláusula 12, el método de la cláusula 10, que comprende además orientar la sección de modo que el puerto de entrada esté en la parte inferior de la sarta mirando hacia el suelo del pozo.

[0049] Cláusula 13, el método de la cláusula 10, que comprende además orientar la sección de modo que el puerto de entrada esté en la parte inferior de la sarta y el puerto de descarga esté en la parte superior de la sarta mirando hacia el techo del pozo.

[0050] Cláusula 14, el método de la cláusula 10, que además comprende: determinar un valor de compensación basado en la medición; y enviar el valor de compensación a un centro de operaciones de pozos.

[0051] Cláusula 15, el método de la cláusula 10, que comprende además determinar un valor de compensación basado en la medición; comparar el valor de compensación con un valor de orientación deseado; y enviar el valor de compensación al centro de operaciones del pozo si el valor de compensación excede el valor de orientación deseado en un umbral predeterminado.

[0052] Cláusula 16, el método de la cláusula 11, que comprende además medir, en el sistema de adquisición de datos, la salida del acelerómetro con cualquier combinación de los ejes x, y, z y determinar el ángulo de grado de inclinación relativo a una alineación vertical estática 1G de la sarta durante la instalación y el reposo.

[0053] Cláusula 17, el método de la cláusula 16, que comprende además hacer que, mediante el sistema de adquisición de datos, la sarta se oriente de manera que el puerto de entrada esté orientado hacia una superficie inferior del pozo, en el que el pozo discurre en dirección horizontal.

5 [0054] Cláusula 18, un aparato para orientar una sarta ESP de fondo de pozo en un pozo, el aparato comprende: un acelerómetro acoplado a una sección de una sarta de bomba sumergible eléctrica de fondo de pozo que mide la orientación de al menos uno de un puerto de entrada y un puerto de descarga y envía datos de orientación del puerto; y un sistema de adquisición de datos que recibe datos de orientación del puerto y provoca
10 un ajuste en la orientación de la sarta de bombas eléctricas sumergibles de fondo de pozo.

[0055] Cláusula 19, el aparato de la cláusula 18, en el que el sistema de adquisición de datos además: determina un valor de compensación basado en la medición de la orientación de al menos uno de un puerto de entrada y un puerto de descarga; y envía el valor de compensación a un centro de operaciones de pozos.

15 [0056] Cláusula 20, el aparato de la cláusula 18, en el que el sistema de adquisición de datos además: determina un valor de compensación basado en la medición; compara el valor de compensación con un valor de orientación deseado; y envía el valor de compensación al centro de operaciones del pozo si el al menos un valor de compensación excede el valor de orientación deseado en un umbral predeterminado.

20 [0057] La descripción que antecede de realizaciones específicas de la materia descrita se ha presentado con fines ilustrativos y descriptivos. No se pretende que sea exhaustivo o que limite la divulgación a la forma precisa divulgada, y son posibles modificaciones y variaciones a la luz de las enseñanzas anteriores o pueden adquirirse de la práctica de la divulgación. Las realizaciones se eligieron y describieron con el fin de
25 explicar los principios de la divulgación y su aplicación práctica para permitir a un experto en la técnica utilizar la divulgación en diversas realizaciones y con diversas modificaciones según sean adecuadas para el uso particular contemplado. Se pueden realizar otras sustituciones, modificaciones, cambios y omisiones en el diseño, las condiciones operativas y la disposición de las realizaciones sin apartarse del espíritu de la presente
30 descripción. Tales modificaciones y combinaciones de las realizaciones ilustrativas, así como otras realizaciones, resultarán evidentes para los expertos en la técnica con

referencia a la descripción. Por lo tanto, se pretende que las reivindicaciones adjuntas abarquen tales modificaciones o realizaciones.