

"CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO EN UNA BOMBA SUMERGIBLE ELÉCTRICA"

ANTECEDENTES

CAMPO DE LA INVENCION

[001] La invención se refiere generalmente a equipos eléctricos de fondo de pozo, y más particularmente a sistemas y métodos para prevenir la rotación del eje del motor en una bomba sumergible eléctrica (ESP) cuando la ESP no está en operación, así como para ofrecer una solución que extienda la vida útil del equipo y amplíe el rango hidráulico de operación. Cuando se energiza, una bomba sumergible eléctrica (ESP) puede rotar en una dirección horaria (CW) o antihoraria (CCW). Esta invención aplica esta característica bidireccional para resolver los problemas relacionados con la erosión de los componentes internos de la bomba y ampliar el rango de desempeño de la bomba centrífuga multietapa.

TÉCNICA RELACIONADA

[002] El petróleo se produce típicamente mediante la perforación de pozos en reservorios de petróleo en formaciones geológicas y luego bombeando el petróleo fuera de los reservorios a través de los pozos. Comúnmente, el petróleo se produce utilizando bombas sumergibles eléctricas (ESPs) que se despliegan en los pozos. La energía eléctrica adecuada para las respectivas bombas sumergibles eléctricas (ESPs) generalmente se genera mediante sistemas de accionamiento eléctrico que se encuentran en la superficie de cada pozo, y se transmite desde el sistema de accionamiento hasta la ESP a través de un cable de potencia que se extiende desde el sistema de accionamiento hasta la ESP desplegada.

[003] Una bomba sumergible eléctrica (ESP) típicamente incluye una sección de bomba, una sección de sellos y una sección de motor. La energía del sistema de accionamiento eléctrico se proporciona al motor, el cual acciona la sección de sellos y la sección de bomba. Con frecuencia, el motor es un motor rotativo que

acciona un eje que está acoplado al eje de una bomba centrífuga. El eje del motor rotatorio hace que el eje de la bomba gire, elevando el fluido fuera del pozo.

[004] El motor es típicamente uno de dos tipos: un motor de inducción o un motor de imán permanente. En el caso de un motor de inducción, la energía (generalmente energía trifásica en corriente alterna) se proporciona a los devanados del estator del motor, lo que provoca que el estator genere campos magnéticos rotatorios en el estator. Estos campos magnéticos rotatorios inducen corrientes y campos magnéticos correspondientes en un rotor, lo que hace que el rotor y el eje del motor roten y accionen la bomba. En el caso de un motor de imán permanente, se proporciona energía trifásica en corriente alterna a los devanados del estator del motor, generando campos magnéticos rotatorios como en el motor de inducción. El rotor del motor de imán permanente, sin embargo, tiene un conjunto de imanes permanentes que hacen que el rotor gire en los campos magnéticos rotatorios generados por el estator.

[005] La bomba típicamente contiene un impulsor rotatorio y un difusor estacionario. El impulsor y el difusor correspondientes pueden ser diseñados para operación en sentido horario (CW) o antihorario (CCW).

[006] Como se explicó anteriormente, en el funcionamiento normal, la energía suministrada a un motor ESP convencional de tipo de inducción o de imán permanente hace que el motor gire, lo que provoca que el fluido (por ejemplo, petróleo) fluya a través de la bomba. Lo que se considera con menos frecuencia, sin embargo, es que la secuencia inversa de esto también puede ser cierta. En otras palabras, el motor puede funcionar como un generador. Si se provoca que el fluido fluya a través de la bomba, esto hará que la bomba gire, lo que a su vez hará que el motor gire y genere un voltaje en corriente alterna que se aplica a los conductores del cable de potencia. El voltaje generado a menudo es inesperado, ya que el motor normalmente consume energía eléctrica, y puede ser peligroso o incluso fatal para las personas que

trabajen en el sistema. Por lo tanto, sería deseable proporcionar medios para proteger a estas personas del potencial eléctrico que puede ser generado por un motor ESP funcionando como generador.

[007] Los componentes internos de la sección del motor, la sección de sellos y la sección de la bomba tienen interfaces de rodamientos dinámicos rotatorios. Se desarrollan patrones de desgaste que reducen la vida útil efectiva del sistema. Además, cuando sólidos o arenas se transportan en el fluido producido, puede ocurrir un desgaste erosivo y abrasivo agresivo de los componentes internos de la bomba. El desgaste erosivo ocurre cuando las partículas sólidas transportadas en el fluido impactan las superficies de los componentes internos de la bomba, erosionando sus superficies. El desgaste abrasivo ocurre cuando las partículas sólidas se depositan entre las superficies rotatorias, desgastando material de las superficies.

[008] Una sección de bomba tiene un rango hidráulico de operación definido por una tasa mínima y máxima a una velocidad de rotación dada. Una tasa de flujo de fluido demasiado baja puede resultar en un exceso de empuje descendente del impulsor. Una tasa de flujo de fluido demasiado alta puede resultar en un exceso de empuje ascendente del impulsor. El rendimiento de un pozo productor puede cambiar, particularmente en los pozos no convencionales, lo que resulta en que la sección de la bomba opere fuera de su rango de operación. El funcionamiento continuo de la bomba fuera del rango de operación puede destruir los componentes internos de la bomba.

RESUMEN

[009] Esta divulgación se refiere a sistemas y métodos para la fabricación y operación de bombas y motores que reduzcan o eliminen uno o más de los problemas mencionados anteriormente.

[010] Al combinar un sistema de bomba que normalmente opera en dirección horaria con un sistema de bomba diseñado para operar en dirección

antihoraria, se abordan uno o más de los problemas mencionados anteriormente.

[011] Una forma de realización comprende la instalación de dos bombas centrífugas en el eje del motor, una diseñada para rotación en dirección horaria (CW) y la segunda para rotación en dirección antihoraria (CCW). Durante la operación en rotación en dirección horaria (CW), la bomba diseñada para CW realiza la mayor parte de la función de elevación de fluido, mientras que la bomba diseñada para CCW sería ineficiente al contribuir al fluido producido. Sin embargo, cuando el fluido es forzado a través de la bomba, la bomba diseñada para CCW contrarrestaría efectivamente el par de torsión generado por la bomba CW, evitando que el eje del motor gire, lo que impediría que el motor actuara como un generador.

[012] Otra forma de realización utiliza las bombas combinadas CW y CCW para extender el rango de operación del sistema ESP al tener rangos de operación disímiles. Un ejemplo sería que, mientras opera en dirección horaria (CW), la bomba CW realiza la mayor parte de la elevación del fluido, mientras que la bomba CCW introduciría algo de ineficiencia. Una vez que el rendimiento del pozo haya cambiado, el ESP se operaría en rotación antihoraria (CCW), con la bomba CW contribuyendo a la ineficiencia. El sistema podría comenzar alternativamente en la dirección CCW y luego en la dirección CW.

[013] Otra forma de realización sería combinar bombas CW y CCW con el mismo rendimiento en el rango de operación para extender la vida útil del sistema. El sistema alternaría la operación en rotación CW y CCW durante períodos de tiempo. Los componentes internos en la sección del motor, la sección del sello y la sección de la bomba se beneficiarían de los patrones de desgaste alternos. Esta forma de realización también abordaría el desgaste erosivo y abrasivo en los componentes internos de la sección de la bomba.

[014] También pueden ser posibles numerosas otras formas de realización.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[015] Otros objetos y ventajas de la invención pueden hacerse evidentes al leer la siguiente descripción detallada y al referirse a los dibujos adjuntos.

[016] La Fig. 1 es un diagrama que ilustra un sistema ESP convencional instalado en un pozo.

[017] La Fig. 2 es un diagrama que ilustra un sistema ESP con una bomba CW y una bomba CCW.

[018] Las Figs. 3a y 3b son diagramas que ilustran los impulsores CCW y CW.

[019] La Fig. 4 es una vista seccional longitudinal del ESP en un modo de operación.

[020] La Fig. 5 es una vista seccional longitudinal del ESP en otro modo de operación.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE FORMAS DE REALIZACIÓN EJEMPLARES

[021] A continuación, se describen una o más formas de realización de la invención. Cabe señalar que estas y cualesquiera otras formas de realización descritas a continuación son ejemplares y tienen la intención de ser ilustrativas de la invención, en lugar de limitantes.

[022] Como se describe en el presente documento, varias formas de realización de la invención comprenden sistemas y métodos para prevenir la rotación de un motor de ESP cuando el motor no está energizado, impidiendo así que el motor actúe como un generador cuando el fluido que circula a través de la sección de la bomba del ESP aplica un par de torsión al motor. Otras formas de realización de la invención amplían el rango de operación del sistema ESP o extienden la vida útil del sistema ESP.

[023] Como se mencionó anteriormente, un motor de imán permanente en un sistema ESP puede actuar como generador cuando el fluido que circula a través

de la bomba provoca que el motor gire. Esto puede ocurrir en una serie de circunstancias diferentes. Por ejemplo, durante ciertas operaciones en el pozo, como la instalación del equipo en el pozo o la extracción del equipo del pozo, el fluido puede ser forzado a través de la bomba. El flujo de fluido a través de la bomba también puede ser el resultado de condiciones del pozo, como el flujo natural de los fluidos del pozo, el retroceso de la columna de fluido en la tubería sobre la bomba o los fluidos que "empujan hacia adelante" a través de la bomba. Durante uno de estos sucesos, el motor de imán permanente puede generar suficiente electricidad para ser fatal.

[024] Cabe señalar que, dado que los motores de inducción no utilizan imanes en sus rotores, la rotación de estos motores no es probable que presente tanto peligro como los motores de imán permanente. Sin embargo, los motores de inducción pueden tener algo de magnetismo residual que puede hacer que generen electricidad cuando son rotados por el fluido que circula a través de la bomba. Por lo tanto, las formas de realización de la invención pueden ser aplicables a motores de inducción y otros tipos de motores utilizados en sistemas ESP, aunque no presenten normalmente el mismo nivel de peligro que los motores de imán permanente.

[025] Debido al peligro eléctrico que presentan los motores ESP de imán permanente en condiciones donde los fluidos que circulan a través de la bomba pueden hacer girar el rotor (por ejemplo, durante la instalación, extracción, operación o resolución de problemas del sistema ESP), las formas de realización de la presente invención previenen que el rotor de imán permanente gire cuando el motor no está siendo accionado (es decir, cuando el motor no está encendido). Al prevenir el giro del rotor, se elimina la posibilidad de que el motor genere electricidad. Esto ofrece una ventaja clave en términos de seguridad en comparación con los motores de imán permanente de la técnica anterior. Al implementar esta característica en un diseño mecánico, las formas de realización proporcionan una solución confiable con un impacto mínimo en el diseño del producto existente.

[026] En una forma de realización ejemplar, el sistema ESP incluye una sección de bomba centrífuga multietapa, una sección de sello, un motor ESP y un cable de alimentación que transfiere energía eléctrica desde un accionamiento eléctrico en la superficie del pozo al motor, que se encuentra en el fondo del pozo. El motor es un motor de imán permanente trifásico. El motor consta de un conjunto de estator (que en adelante se denominará simplemente estator) y un rotor de tipo imán permanente que está fijado a un eje del motor. Se proporcionan rodamientos de soporte a lo largo del eje y en los extremos del eje.

[027] Cuando se aplica energía al estator, los campos magnéticos del estator harán girar el rotor y el eje en una dirección determinada por el diseño del motor (esta dirección puede ser en el sentido de las agujas del reloj (CW) o en sentido contrario a las agujas del reloj (CCW), dependiendo del diseño de la bomba). La potencia mecánica se transfiere a través del sello y hacia la bomba. Esta es la condición de operación deseada.

[028] Cuando no se aplica energía, el motor de imán permanente tiene el potencial de convertirse en un generador al ser girado. El paso de líquido a través de la bomba (en cualquier dirección) en un sistema ESP convencional hará que las etapas de la bomba giren, y esta rotación se transferirá al motor desde el eje de la sección de la bomba y los sellos. La dirección de rotación dependerá de la dirección del flujo a través de la bomba. El motor puede generar un voltaje elevado, dependiendo del diseño del estator y de la velocidad de rotación del rotor. La electricidad generada por el motor se transferirá de regreso a la superficie a través del cable. Esta es una condición indeseable debido a la posibilidad de generar energía eléctrica en el sistema, lo que podría causar daño o incluso la muerte a personal no protegido o afectar el equipo.

[029] Con referencia a la Fig. 1, se muestra un diagrama que ilustra un sistema ESP. En esta forma de realización, un sistema ESP está instalado en un pozo

con el propósito de producir petróleo, gas u otros fluidos. El ESP 120 está acoplado al extremo de la columna de tubería 150, y tanto el ESP como la columna de tubería se bajan dentro del pozo hasta ubicar el ESP en la sección productora del pozo (como se indica con las líneas discontinuas en la parte inferior del pozo perforado). El equipo de superficie, que incluye un sistema de accionamiento eléctrico 110, está ubicado en la superficie del pozo. El sistema de accionamiento 110 está acoplado al ESP 120 mediante el cable de alimentación 112, que desciende por el pozo perforado junto a la columna de tubería 150.

[030] En esta forma de realización, el ESP 120 incluye una sección de motor 121, una sección de sellos 122 y una sección de bomba 123. El ESP 120 puede incluir varios otros componentes, como paquetes de medidores, los cuales no se describirán en detalle aquí porque son bien conocidos en la técnica y no son relevantes para la discusión de la invención. La sección de motor 121 está acoplada al cable de alimentación 112 y es accionada por energía alterna (generalmente formas de onda de corriente alterna trifásica) que se recibe del sistema de accionamiento 110 a través del cable. La sección de motor 121 acciona la sección de bomba 123, bombeando así el petróleo u otro fluido a través de la columna de tubería y fuera del pozo. La energía para los componentes no motorizados del sistema (por ejemplo, medidores, sistemas de comunicación de telemetría, etc.) puede ser proporcionada desde la sección de motor 121 a los otros componentes. La sección de sellos 122 se encuentra entre la sección de motor 121 y la sección de bomba 123 con fines que incluyen igualar la presión entre el interior del motor y el pozo perforado, así como permitir que el aceite dentro del motor se expanda y se contraiga.

[031] Con referencia a la Fig. 2, se muestra un diagrama que ilustra un sistema ESP con una bomba en sentido horario (CW) y en sentido antihorario (CCW). En esta forma de realización, la bomba CW 123 se conecta a la bomba CCW 124 y a la sección de sellos 122.

[032] Al igual que en la FIG. 1, el ESP 120 incluye una sección de motor 121, una sección de sellos 122 y una sección de bomba 123. El ESP 120 puede incluir varios otros componentes, como paquetes de medidores, los cuales no se describirán en detalle aquí porque son bien conocidos en la técnica y no son relevantes para la discusión de la invención. La sección de motor 121 está acoplada al cable de alimentación 112 y es accionada por energía alterna (generalmente formas de onda de corriente alterna trifásica) que se recibe del sistema de accionamiento 110 a través del cable. La sección de motor 121 acciona la sección de bomba 123, bombeando así el petróleo u otro fluido a través de la columna de tubería y fuera del pozo. La energía para los componentes no motorizados del sistema (por ejemplo, medidores, sistemas de comunicación de telemetría, etc.) puede ser proporcionada desde la sección de motor 121 a los otros componentes. La sección de sellos 122 se encuentra entre la sección de motor 121 y la sección de bomba 123 con fines que incluyen igualar la presión entre el interior del motor y el pozo perforado, así como permitir que el aceite dentro del motor se expanda y se contraiga.

[033] Los sistemas ESP están disponibles con bombas diseñadas con bombas en sentido horario (CW) o en sentido antihorario (CCW). La combinación de estas características para abordar problemas con la generación de energía no deseada, ampliar el rango operativo hidráulico del sistema ESP y extender su vida útil es novedosa.

[034] Con referencia a las figuras 3a, 3b y 4, la sección de bomba 123 de un ESP comprende un primer conjunto de impulsores CCW 160 y un segundo conjunto de impulsores CW 162, montados en un eje rotatorio 165. El eje 162 estará convenientemente compuesto por dos ejes unidos por un acoplamiento 163; sin embargo, los ejes están vinculados torsionalmente de modo que todo el eje rota como un solo miembro en la misma dirección de rotación. Cuando el eje 162 se rota en el sentido horario, como se indica con las flechas r1, ambos conjuntos de impulsores

160, 162 giran en sentido horario. Cada uno de los impulsores 160, 162 está alojado en una carcasa que incluye difusores convencionales 167, 168, siendo el primer conjunto superior de difusores 168 optimizado para los impulsores CCW y el segundo conjunto inferior de difusores 167 optimizado para los impulsores CW. Para operar en un modo normal, el eje 162 se rota en sentido horario por el motor ESP, como se indica con las flechas r1, y la rotación del primer y segundo conjunto de impulsores impulsa el fluido del pozo, como se indica con las flechas f1. El segundo conjunto de impulsores CW 162 opera con buena eficiencia, mientras que el primer conjunto de impulsores CCW 160 puede operar con una eficiencia reducida en comparación con el segundo conjunto CW 162, pero aún así impulsa el fluido radialmente hacia afuera y contribuye a la producción de fluido del pozo.

[035] También se debe señalar que el eje 165 podría ser rotado en sentido antihorario, de modo que el primer conjunto de impulsores CCW 160 opere con buena eficiencia, mientras que el segundo conjunto de impulsores CW 162 opere con una eficiencia reducida en comparación con el primer conjunto CCW 160, con ambos conjuntos contribuyendo a la producción de fluido del pozo en la dirección de las flechas f1. Por supuesto, las posiciones de los impulsores CW y CCW podrían intercambiarse, con los impulsores y difusores CW ubicados por encima de los impulsores y difusores CCW, o los impulsores podrían configurarse o intercalarse de alguna otra manera.

[036] Con referencia a la figura 5, en el modo de retroceso, la rotación impulsada del eje 165 se detiene. A medida que el fluido cae, como se indica con las flechas f2, el primer conjunto de impulsores 160 y el segundo conjunto de impulsores 162 experimentan fuerzas de rotación opuestas, como se describió anteriormente, e, idealmente, estas fuerzas de rotación se equilibran o se equilibran sustancialmente.

[037] La configuración del ESP también extiende la vida útil del sistema de bomba subterránea al utilizar dos bombas centrífugas con diseños de álabes

diferentes conectadas a un eje común. Una bomba está diseñada para operar en dirección horaria con una mayor tasa de flujo, mientras que la otra bomba está diseñada para operar en dirección antihoraria con una tasa de flujo menor. Alternativamente, la bomba de mayor tasa de flujo también podría operar en dirección antihoraria y la bomba de menor tasa de flujo operar en dirección horaria. A medida que un pozo pierde capacidad de producción, el sistema ESP se operará en la dirección de rotación opuesta con la bomba de menor tasa de flujo.

[038] La configuración del ESP extiende la vida útil del sistema de bomba subterránea al utilizar dos bombas centrífugas con diseños de álabes diferentes conectados a un eje común. Una bomba está diseñada para operar en dirección horaria y la otra bomba está diseñada para operar en dirección antihoraria con la misma o similar tasa de flujo. La operación periódica en direcciones horarias y antihorarias variará los patrones de desgaste, lo que extenderá la vida útil del sistema.

[039] Una configuración relacionada del ESP también extiende la vida útil del sistema de bomba subterránea al utilizar dos bombas centrífugas con diseños de álabes diferentes conectados a un eje común, donde una bomba está diseñada para operar en dirección horaria con una mayor tasa de flujo y la otra bomba está diseñada para operar en dirección antihoraria con una menor tasa de flujo. Alternativamente, la bomba de mayor tasa de flujo también podría operar en dirección antihoraria y la bomba de menor tasa de flujo operar en dirección horaria. A medida que un pozo pierde capacidad de producción, el sistema ESP se operará en la dirección de rotación opuesta con la bomba de menor tasa de flujo.