

MOTOR ELÉCTRICO SUMERGIBLE DE FLUJO AXIAL

ANTECEDENTES

[0001] La presente solicitud se relaciona con las bombas usadas para elevar fluidos del suelo o inyectar fluidos al suelo y, más específicamente, con los motores eléctricos usados para alimentar las bombas.

[0002] Los recursos naturales se pueden recuperar de formaciones subterráneas, por ejemplo, con la perforación de un pozo para ingresar a las formaciones subterráneas. Los recursos naturales suelen fluir inicialmente a la superficie por el pozo debido a la presión de formación en las formaciones subterráneas. A medida que continúa la producción de recursos naturales, la presión de formación disminuye hasta que se pueda requerir un método de elevación artificial. Una bomba eléctrica sumergible colocada en el pozo es un método de elevación artificial utilizado para elevar fluidos de formación tales como hidrocarburos del pozo hacia la superficie.

[0003] Las bombas eléctricas sumergibles necesitan electricidad para alimentar el motor eléctrico conectado a la sección de bomba. Generalmente estos motores solían depender de una construcción de motores tradicional y menos eficiente. Hay un interés continuo en utilizar motores eléctricos que conserven electricidad al mejorar la eficiencia de los motores.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0004] Para una comprensión más completa de la presente divulgación, ahora se hace referencia a la siguiente breve descripción, tomada en relación con los dibujos adjuntos y la descripción detallada, en donde los números de referencia similares representan partes similares.

[0005] La Figura 1 es una ilustración en corte de una forma de realización de un sistema de bomba.

[0006] La Figura 2 es un dibujo de vista lateral que muestra la corriente de flujo magnético de una forma de realización de un motor de eje hueco.

[0007] La Figura 3 es una vista en perspectiva que muestra un rotor de un motor de tipo hueco axial de acuerdo con una forma de realización de la presente invención.

[0008] La Figura 4 es una vista en perspectiva que muestra un estator de un motor de tipo eje hueco de acuerdo con una forma de realización de la presente invención.

[0009] La Figura 5 A-D es una vista en perspectiva que muestra una forma de realización de una estructura de estator de acuerdo con la presente invención.

[0010] La Figura 6 A-H es una vista en perspectiva que muestra un motor de tipo hueco axial de una forma de realización de acuerdo con la presente invención.

[0011] La Figura 7 A-D es una vista en sección que muestra los rotores y estatores del motor de tipo eje hueco de acuerdo con una forma de realización de la presente invención.

[0012] La Figura 8 es una vista en sección que muestra los rotores y estatores del motor de tipo eje hueco de acuerdo con una forma de realización de la presente invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

[0013] Debe entenderse desde el principio que, si bien a continuación se ilustran implementaciones ilustrativas de una o más formas de realización, los sistemas y métodos divulgados pueden implementarse mediante el uso de cualquier cantidad de técnicas, ya sean conocidas actualmente o que aún no existan. La divulgación no debe limitarse en modo alguno a las implementaciones, los dibujos y las técnicas ilustrativos que se ilustran a continuación, sino que puede modificarse dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas junto con su alcance completo de equivalentes.

[0014] Los fabricantes de bombas eléctricas sumergibles convencionales utilizaron por un largo tiempo un motor de flujo radial estándar para alimentar la bomba. El motor de flujo radial estándar utiliza espirales electromagnéticas para el estator embobinadas axialmente desde el cabezal hacia la base. Estas espirales embobinadas del cabezal hacia la base generan el flujo magnético que gira el rotor. El rotor está dentro del estator para alejar radialmente el flujo magnético del eje central. Las largas espirales embobinadas del cabezal hacia la base del estator radial generan algunas secciones inactivas, llamadas colgantes, alejadas del rotor que no generan flujo magnético utilizable al rotor y reducen la eficacia al incrementar el calor resistivo generado por la corriente eléctrica. Los motores eléctricos de flujo radial también generan una pequeña cantidad de pares de torsión porque el flujo magnético está dentro del estator entre el rotor y el estator.

[0015] En comparación con un motor eléctrico de flujo radial de tamaño similar, los motores eléctricos de flujo axial desarrollan más pares de torsión con mayor eficacia a la vez que usan menos material. En un motor de flujo axial, el rotor y el estator tienen forma de disco y se apilan uno al lado del otro con un eje en común. El rotor y el estator alternan de rotor a estator y el estator se mantiene estático en la carcasa. El rotor gira dentro de la carcasa y el flujo magnético se desplaza axialmente entre rotor y estator. El motor eléctrico de flujo axial magnético permanente tiene un estator con forma de disco

con pequeñas bobinas que se alinean con los imanes permanentes del rotor. Las pequeñas bobinas electromagnéticas son más pequeñas que los estatores con embobinado axial largo de los motores de flujo radial y tienen pocas secciones inactivas o ninguna y generan menos calor.

[0016] En la presente se divulga un sistema de bombeo para usar en operaciones de pozos petrolíferos con un motor de flujo axial alimentado con una fuente de energía eléctrica. El sistema de bombeo puede usarse para tratar un pozo o para generarlo. El sistema de bombeo usa un controlador con una fuente de energía eléctrica para alimentar un motor de flujo axial para bombear fluidos hacia o desde un pozo petrolífero.

[0017] Con respecto a la Figura 1, se ilustra una forma de realización de un sistema de bomba 100 que puede utilizarse como bomba sumergible, por ejemplo, una bomba eléctrica sumergible (ESP), para elevar fluidos de producción desde el pozo hacia la superficie. El pozo 10 puede tener un pozo 2 perforado a través de la tierra hasta una formación de hidrocarburos 4. Las perforaciones 6 en la cubierta 8 permiten que el fluido de la formación de hidrocarburos 4 ingrese al revestimiento 8. La tubería de producción 12 se extiende desde la superficie para soportar el sistema de bomba 100 a la profundidad cercana a las perforaciones 6.

[0018] El sistema de bomba 100 puede incluir un ensamblaje de bomba 20, un ensamblaje de transmisión 30, una sección de sellado 40, un motor de flujo axial 50, un controlador 60, una matriz de sensores 70 y un sistema intercambiador de calor 90, de los cuales cada uno puede acoplarse con otro de estos con conectores adecuados tales como conectores de bridas atornilladas, conectores roscados, etc. Una fuente de energía eléctrica 64 puede conectarse al controlador 60 por cables de transmisión 66. El controlador 60 le brinda energía eléctrica al motor de flujo axial 50 a través de cables de energía 62 para rotar el ensamblaje de bomba 20 a la vez que monitorea la matriz de sensores 70 para obtener información sobre el estado del motor y las propiedades del fluido en la entrada y salida de la bomba. Alternativamente, el controlador 60 puede colocarse en el fondo de pozo, por ejemplo, cerca de otros componentes de fondo de pozo del sistema de bomba 100. El ensamblaje de bomba 20 tiene un ensamblaje de entrada de bomba 22 y una descarga de bomba 24 conectados a la tubería de producción 12 para transportar los fluidos de producción a la superficie. En una forma de realización, el motor de flujo axial 50 tiene un sistema intercambiador de calor 90 tal como un sistema de circulación de aceite para eliminar el calor que genera el motor de flujo axial 50.

[0019] El controlador 60 puede cambiar la operación de la bomba en función de las

direcciones del usuario, de la información que brinda la matriz de sensores 70, o ambos. En una forma de realización, el controlador 60 puede comprender un sistema de impulso de velocidad variable que monitorea la retroalimentación de la matriz de sensores 70 y ajusta la salida de voltaje y/o de corriente para mantener un par de torsión de motor constante. La matriz de sensores 70 puede incluir un sensor de presión de entrada de bomba, un sensor de presión de descarga de bomba, indicadores de propiedad de fluido del pozo (por ejemplo, de presión, temperatura, viscosidad, densidad, condición de etapa de fluido y contenido de sólidos), un sensor de temperatura del motor, una retroalimentación de voltaje del motor, un indicador de par de torsión de motor, un monitor de corriente y un indicador de posición de rotación del eje. La matriz de sensores 70 puede incluir un codificador giratorio, también llamado codificador del eje, situado en el eje giratorio en una o más ubicaciones que incluyen el ensamblaje de bomba 20, el ensamblaje de transmisión 30, la sección de sellado 40, el motor de flujo axial 50 o el sistema intercambiador de calor 90. El codificador giratorio puede brindar información sobre el movimiento angular del eje giratorio que incluye su posición, velocidad, distancia o cualquier combinación de estas. El codificador giratorio puede ser un codificador giratorio absoluto que indica la posición actual del eje (por ejemplo, un transductor angular) o un codificador gradual que brinda información sobre el movimiento del eje, que generalmente se procesa en información tal como posición de rotación, velocidad y distancia angular. Por ejemplo, el codificador giratorio puede ser un dispositivo electromecánico que convierte la posición angular o el movimiento del eje en señales de salida analógicas o digitales. El controlador puede controlar la operación del motor de flujo axial 50 para explicar la variación en las condiciones o cargas de operación de fondo de pozo. Por ejemplo, el controlador 60 puede brindar voltaje o corriente a un estator para operaciones de bomba que requieren una cantidad de pares de torsión baja, por ejemplo, diagnóstico de motor o bomba. El controlador 60 puede brindar voltaje o corriente a dos o más estatores, pero no a todos para operaciones de bomba para evitar dañar componentes de bomba al brindar un par de torsión en exceso; por ejemplo, exceso de par de torsión al eje. El controlador 60 puede brindar voltaje o corriente a uno o más ensamblajes de rotores y estatores (que también pueden denominarse módulo de rotores y estatores), pero no a todos los ensamblajes de rotores y estatores para aislar una bobina dañada en un estator; por ejemplo, una bobina defectuosa. El controlador 60 puede cambiar el voltaje o la corriente administrados al motor de flujo axial 50 según la información proporcionada por uno o más sensores y/o en función de las direcciones del usuario para mantener un par de torsión constante,

cambiar la velocidad de bombeo, comenzar la operación o apagar.

[0020] El ensamblaje de bomba 20 puede ser una bomba de tipo centrífuga con un rodete giratorio dentro de un difusor estacionario que rota a una velocidad para presurizar el fluido. El ensamblaje de bomba 20 puede tener un único rodete o múltiples rodetes dentro de múltiples difusores para desarrollar suficiente presión en el cabezal para transportar el fluido de producción a través de la tubería de producción 12 a la superficie. El ensamblaje de bomba 20 puede comprender cualquier tipo de bomba centrífuga que incluye una turbina de pozo profundo de una etapa o de múltiples etapas, una con rodete de flujo radial, axial (por ejemplo, hélice) o de flujo mixto, una bomba de paletas múltiples o una bomba híbrida helicoidal. El ensamblaje de bomba 20 también puede ser una bomba de cavidad progresiva, una bomba de engranajes, una bomba de tornillo, una bomba de tornillo doble o cualquier otra bomba giratoria, tal como las bombas dimensionadas y configuradas para colocarse en un pozo y acoplarse mecánicamente al motor de flujo axial 50.

[0021] El ensamblaje de entrada de bomba 22 puede incluir un separador de gas, una trampa de arena, un sistema modulador de fluido u otro tipo de sistema de entrada. El ensamblaje de entrada de bomba 22 del ensamblaje de bomba 20 puede tener un separador de gas para eliminar la totalidad o parte del gas producido antes de que el fluido de la reserva entre en el ensamblaje de bomba 20. De igual manera, el ensamblaje de entrada de bomba 22 puede incluir una trampa de arena para remover en todo o en parte la arena o escombros de los fluidos producidos. El ensamblaje de entrada de bomba 22 también puede tener una válvula de retención que permite el flujo en una dirección (por ejemplo, del pozo a la succión de la bomba).

[0022] La descarga de bomba 24 puede incluir una válvula de retención que permite el flujo de la bomba a la tubería de producción 12, pero que evita que el flujo de la tubería de producción 12 entre al ensamblaje de bomba 20. La válvula de retención puede ser una válvula de aleta, una válvula de seta, válvula de asiento y válvula de bola, o cualquier otro tipo de válvula de retención conocida por las personas del oficio de nivel medio. La descarga de la bomba 24 puede incluir un desviador de desechos que impide que los desechos vuelvan a caer dentro de la descarga de la bomba 24. El desviador de desechos puede desviar el flujo de la tubería a un flujo de anillo a través de una sección tamizada y luego dirigirlo de vuelta a la tubería.

[0023] Una sección de sellado 40 puede incluir uno o más ensamblajes de sellado que acoplan herméticamente un eje giratorio para aislar los fluidos del pozo del interior del motor de flujo axial 50. La sección de sellado 40 puede incluir un cojinete de empuje

para aislar el motor de flujo axial 50 de la fuerza de reacción de fondo de pozo del ensamblaje de bomba 20. Un extremo superior de la sección de sellado 40 puede acoplarse a un extremo inferior del ensamblaje de entrada de bomba 22, y un extremo inferior de la sección de sellado 40 puede acoplarse a un extremo superior del motor de flujo axial 50.

[0024] Un ensamblaje de transmisión 30 (por ejemplo, una caja de engranajes) puede usarse opcionalmente para brindar ventaja mecánica adicional (por ejemplo, ajustes de par de torsión y/o velocidad) entre la sección de sellado 40 y el ensamblaje de bomba 20. El ensamblaje de transmisión 30 puede conectarse entre el ensamblaje de entrada de bomba 22 y la sección de sellado 40. El ensamblaje de transmisión 30 puede incluir uno o más engranajes y trenes de engranajes para adaptar el par de torsión y la velocidad de rotación del motor al ensamblaje de bomba 20.

[0025] Opcionalmente, el motor de flujo axial 50 puede tener un sistema intercambiador de calor 90 para eliminar el calor generado en el motor de flujo axial 50 al transferir el calor al ambiente del pozo, por ejemplo, al utilizar un material conductor de calor y una geometría radiante, tal como una carcasa extendida o aletas. En un aspecto, el sistema intercambiador de calor 90 puede incluir un refrigerante dieléctrico comúnmente denominado aceite. El motor de flujo axial 50 puede tener una bomba interna para la circulación de aceite en el ensamblaje de motor para refrigerar y lubricar el motor de flujo axial 50. Si bien se usa el término aceite, se entiende que se puede usar cualquier fluido dieléctrico como refrigerante: aceite mineral, aceite sintético, aceite de ricino, aceite de silicona y cualquier combinación de aceites. En una forma de realización, el sistema intercambiador de calor circula el aceite por el motor y e irradia el calor a través una carcasa hecha de materiales resistentes a la corrosión y conductores de calor. La carcasa puede estar hecha de materiales resistentes a la corrosión tal como acero inoxidable, aleación de acero niquelado, polímero diseñado especialmente, otros materiales resistentes a la corrosión o combinaciones de materiales conductores de calor y resistentes a la corrosión. En una forma de realización, el sistema intercambiador de calor 90 puede hacer circular el aceite por el motor de flujo axial 50 para transferir el calor a través de la carcasa del motor hacia el fluido de ambiente de pozo que rodea la carcasa. El fluido de ambiente de pozo que rodea al motor de flujo axial 50 puede ser más frío que la temperatura de operación del motor de flujo axial 50 y refrigerar el aceite antes de recircularlo nuevamente a través del motor de flujo axial 50. En una forma de realización, el sistema intercambiador de calor 90 puede incluir una reserva de aceite para intercambiar calor con el fluido de ambiente de pozo. El sistema intercambiador de

calor 90 puede incluir una bomba de aceite para circular el aceite. En una forma de realización, la bomba de aceite interna puede ser integral al motor de flujo axial 50 o estar alimentada por el motor de flujo axial 50. En una forma de realización, puede haber dos o más bombas de aceite internas. En un aspecto, el sistema intercambiador de calor 90 puede comprender un bucle de refrigeración para refrigerar el aceite circulado, como se describe en más detalle en la presente con referencia a la Figura 7D. Cuando está presente, una parte superior del sistema intercambiador de calor 90 puede acoplarse a un extremo inferior del motor de flujo axial 50, y un extremo inferior del sistema intercambiador de calor 90 puede acoplarse a un extremo superior de la matriz de sensores 70. Si el sistema intercambiador de calor 90 no está presente, un extremo inferior del motor de flujo axial 50 puede acoplarse a un extremo superior de la matriz de sensores 70.

[0026] El motor de flujo axial 50 puede usarse para alimentar el ensamblaje de bomba 20. Un motor de flujo axial puede usar imanes permanentes en el rotor para rotarlo con campos magnéticos giratorios generados por el estator. Este campo magnético giratorio repele y atrae la fuerza magnética generada por los imanes permanentes en el rotor para causar la rotación del rotor y del eje giratorio unido. El rotor administra el par de torsión y la rotación del rotor y del eje giratorio unido. Un motor de flujo axial 50 incluye un rotor y un estator de caras planas con forma de disco con un eje de rotación perpendicular a la cara plana y paralelo a un eje de rotación. El motor de flujo axial 50 puede tener un único rotor y estator, un único rotor con dos estatores, dos rotores con un único estato o configuraciones de múltiples rotores y estatores.

[0027] Con referencia ahora a la Figura 2-4, una forma de realización del motor de flujo axial 200 puede tener un único rotor 202 y un único estator 206. El rotor 202 y el estator 206 pueden montarse en una carcasa (por ejemplo, dimensionada y configurada para su colocación en un pozo) con la superficie delantera del rotor 204 orientada a la superficie delantera del estator 207 separada por el hueco axial 214. El rotor 202 tiene un eje giratorio 212 perpendicular a la superficie delantera del rotor 204. El rotor 202, como se detalla en la Figura 3, puede tener una pluralidad de imanes permanentes 216 distribuidos de manera angular alrededor del disco de rotor 218. El estator 206, que se muestra en la Figura 4, tiene una pluralidad de bobinas de estator 208 montadas en el núcleo de estator 210. La posición de las bobinas de estator 208 que cruza el hueco axial 214 hasta la superficie delantera del rotor 204 brinda una vía para que el flujo axial Φ genere un par de torsión. Como se muestra en la Figura 2, el flujo axial Φ es sustancialmente paralelo a un eje central del eje giratorio 212. Una dirección axial puede

definirse como paralela a un eje central del eje giratorio 212, una dirección radial puede definirse como perpendicular al eje central del eje giratorio 212 (por ejemplo, que se extiende del eje central del eje giratorio 212 a la circunferencia del rotor 202) y una dirección, distribución o posición angulares, o similares se pueden medir en grados (por ejemplo, 90, 180, 270, etc.) de un círculo de 360 grados perpendicular al eje central del eje giratorio 212.

[0028] El rotor 202, que se muestra en la Figura 3, puede tener una pluralidad de imanes permanentes 216 montados en la superficie de un disco de rotor 218 o imanes permanentes 216 montados o fijados en el disco de rotor 218. Los imanes pueden ser de neodimio-hierro-boro, samario-cobalto, alnico, ferrita de estroncio, u otros materiales de imanes permanentes. Los imanes permanentes 216 pueden disponerse radialmente y espaciarse de manera angular para explicar la posición radial y angular de las bobinas de estator 208. Los imanes permanentes 216 pueden ser cuneiformes o de cualquier otra forma para tomar ventaja de la forma del campo magnético del estator 206. La polaridad de los imanes permanentes 216 puede variar en función de la posición angular del disco de rotor 218. El eje giratorio 212 puede estar construido con una aleación no magnética de alta resistencia tal como titanio, acero inoxidable o aleaciones de níquel (por ejemplo, Inconel, Incoloy, Hastelloy o Monel).

[0029] El estator 206, que se muestra en la Figura 4, puede tener una pluralidad de bobinas de estator 208 espaciadas de manera angular en el núcleo de estator 210 separadas por el hueco 226. Cada bobina de estator 208 puede tener una espiral electromagnética 224 embobinada alrededor de un núcleo de bobina de estator 222 en un aislante de espiral 220. La espiral electromagnética 224 puede estar compuesta de un conductor de cobre con materiales aislantes de alta temperatura para ambientes de alta temperatura. El aislamiento polimérico de alta temperatura hecho de materiales de polímeros inorgánicos puede tener una temperatura que oscila entre alrededor de 150 °C y alrededor de 300 °C, alternativamente un aislamiento de recubrimiento de cerámica o de tubería de revestimiento corta puede tener una temperatura que oscila entre alrededor de 300 °C y alrededor de 500 °C. En varias formas de realización, la cantidad de bobinas de estator 208 no es igual a la cantidad de imanes permanentes 216. En una forma de realización, el estator 206 puede tener dos bobinas de estator 208 más que los imanes permanentes 216 en el rotor. En una forma de realización, el estator 206 puede tener cuatro bobinas de estator 208 más que los imanes permanentes 216 en el rotor. El estator 206 puede tener cualquier cantidad de bobinas de estator 208 en comparación con la cantidad de imanes permanentes 216 sin alejarse del espíritu o

alcance de la presente divulgación, que incluye entre otros 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, o una mayor cantidad de bobinas de estator en comparación con la cantidad de imanes permanentes 216. En una forma de realización, el estator 206 puede tener dos bobinas de estator 208 menos que los imanes permanentes 216 en el rotor. En una forma de realización, el estator 206 puede tener cuatro bobinas de estator 208 menos que los imanes permanentes 216 en el rotor. El estator 206 puede tener cualquier cantidad de bobinas de estator 208 en comparación con la cantidad de imanes permanentes 216 sin alejarse del espíritu o alcance de la presente divulgación, que incluye entre otros 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, o una menor cantidad de bobinas de estator en comparación con la cantidad de imanes permanentes 216.

[0030] Con referencia a la Figura 2, se ilustra la vía para que el flujo magnético Φ genere un par de torsión dentro del motor de flujo axial 200. Este flujo magnético Φ se emite de la bobina de estator 208 en el estator 206 e influye en el campo magnético del imán permanente 216 del rotor 202 que cruza el hueco axial 214. El flujo magnético Φ pasa desde la bobina de estator 208 a través del hueco axial 214 hasta la superficie delantera del rotor 204 (axial se define como la dirección paralela al eje del eje giratorio) y, por lo tanto, se denomina “flujo axial” con referencia a que el motor de flujo axial lo utiliza. Las bobinas de estator 208 generan un campo magnético 209A-C cuando se aplica una corriente eléctrica a la espiral electromagnética 224. El campo magnético 209A-C puede brindar polos magnéticos alternantes separados a una distancia radial que es perpendicular al eje central del eje giratorio 212. Los campos magnéticos 217A-B de los imanes permanentes 216 se atraen o repelen alternativamente con relación al campo magnético de las bobinas de estator 208 al generar rotación del rotor 202.

[0031] Una forma de realización alternativa para el estator 230 se muestra en la Figura 5A con un núcleo ranurado. El núcleo de estator 232 tiene ranuras o canales 234 formados radialmente y distribuidos alrededor de la circunferencia. Los canales 234 se forman radialmente a través de la superficie delantera 240 y de la superficie trasera 244 y axialmente a través de la superficie superior 238 y de la superficie inferior 242 para formar un canal unitario alrededor del núcleo de estator 232. Una pluralidad de canales 234 se distribuye alrededor de la circunferencia del núcleo de estator 232. Las bobinas electromagnéticas 236 en la dirección radial se colocan en los canales 234.

[0032] Una forma de realización alternativa para el estator 250 se muestra en la Figura 5B con un núcleo no ranurado. El núcleo de estator 252 puede tener bobinas electromagnéticas 254 embobinadas en la dirección radial para dar una forma de toroide parcial alrededor del núcleo de estator 252. Las bobinas electromagnéticas 254 pueden

tener el mismo ancho en la superficie inferior 256 que la superficie superior 259 del núcleo de estator 252. El hueco 267 entre bobinas electromagnéticas 254 puede ser mayor cerca de la superficie superior 259 que cerca de la superficie inferior 256 a través de la superficie delantera 261 y de la superficie trasera 264 del núcleo de estator 252.

[0033] Una forma de realización alternativa para el estator 271 se muestra en la Figura 5C con un núcleo no ranurado. El núcleo de estator 272 puede tener bobinas electromagnéticas 274 embobinadas en la dirección radial para dar una forma de toroide parcial alrededor del núcleo de estator 272. Las bobinas electromagnéticas 274 son cuneiformes y tienen un menor ancho a través de la superficie inferior 276 y un mayor ancho a través de la superficie superior 278 del núcleo de estator 272. El hueco 281 entre las bobinas electromagnéticas 274 puede tener el mismo ancho en la superficie delantera 282 que en la superficie trasera 284 del núcleo de estator 272.

[0034] Una forma de realización alternativa para el estator 290 se muestra en la Figura 5D con una bobina de estator 292 montada en la superficie delantera 294 y en la superficie trasera 296 del núcleo de estator 298. Una pluralidad de bobinas de estator 292 están espaciadas de manera angular en un núcleo de estator 298 separado por el hueco 299. Cada bobina de estator 292 puede tener una espiral electromagnética 302 embobinada alrededor de un núcleo de bobina de estator 304 en un aislante de espiral 306.

[0035] El motor de flujo axial 200 puede configurarse con el rotor 202 y el estator 206 dispuestos como se muestra en las Figuras 6A-E. El rotor 202 tiene un eje giratorio 212 (no se muestra) que se extiende fuera de la carcasa del motor (no se muestra) para transferir un par de torsión giratorio del flujo magnético. El estator 206 tiene un conjunto de bobinas electromagnéticas que generan una fuerza magnética a partir de la corriente eléctrica aplicada.

[0036] La primera combinación de rotor estator 310 que se ilustra en la Figura 6A tiene un único hueco axial 214 con un único rotor 202 y un único estator 206. El rotor 202 puede tener imanes permanentes 216 montados en la superficie trasera 211 del disco de rotor 218. El estator 206 tiene espirales electromagnéticas 224 montadas en la superficie delantera del estator 207 orientadas al rotor 202. El flujo magnético Φ viaja a través de un único hueco axial 214 para generar un par de torsión giratorio. Si bien se muestra una configuración de estator para el estator 206, puede utilizarse cualquier configuración de estator mostrada en la Figura 4 o la Figura 5.

[0037] Una combinación alternativa de rotor estator 320 que se ilustra en la Figura 6B tiene dos huecos axiales 214A y 214B con el rotor 202 y dos estatores 206A y 206B.

El rotor 202 puede tener imanes permanentes 216 montados en la superficie delantera del rotor 204 y en la superficie trasera 211 del disco de rotor 218 o imanes permanentes 216 montados dentro del disco de rotor 218. Los estatores 206A y 206B tienen espirales electromagnéticas 224 montadas en la superficie orientada al rotor 202. El flujo magnético Φ viaja a través de dos huecos axiales 214A y 214B para generar un par de torsión giratorio. Si bien se muestra una configuración de estator para los estatores 206A y 206B, puede utilizarse cualquier configuración de estator mostrada en la Figura 4 o la Figura 5.

[0038] Una combinación alternativa de rotor estator 330 que se ilustra en la Figura 6C tiene dos huecos axiales 214A y 214B con dos rotores 202A y 202B y el estator 230. El rotor 202A puede tener imanes permanentes 216 montados en la superficie trasera 211A del disco de rotor 218A o imanes permanentes 216 montados dentro del disco de rotor 218A. El rotor 202B puede tener imanes permanentes 216 montados en la superficie delantera 204B del disco de rotor 218B o imanes permanentes 216 montados dentro del disco de rotor 218B. El estator 230 tiene bobinas electromagnéticas 236 embobinadas a través de las ranuras que desarrollan un campo magnético en la superficie delantera 240 y en la superficie trasera 244 del núcleo de estator 232. El flujo magnético Φ viaja a través de dos huecos axiales 214A y 214B para generar un par de torsión giratorio. Si bien se muestra una configuración de estator para el estator 230, puede utilizarse cualquier configuración de estator mostrada en la Figura 4 o la Figura 5.

[0039] Una combinación alternativa de rotor estator 340 que se ilustra en la Figura 6D tiene cuatro huecos 214A-D con tres rotores 202A-C y dos estatores 230A y 230B. El rotor 202A puede tener imanes permanentes 216 montados en la superficie trasera 211A del disco de rotor 218A o imanes permanentes 216 montados dentro del disco de rotor 218A. El rotor 202B puede tener imanes permanentes 216 montados en la superficie delantera 204B y la superficie trasera 211B del disco de rotor 218A y puede tener imanes permanentes 216 montados dentro del disco de rotor 218B. El rotor 202C puede tener imanes permanentes 216 montados en la superficie delantera 204C del disco de rotor 218A o imanes permanentes 216 montados dentro del disco de rotor 218C. Los estatores 230A y 230B tienen bobinas electromagnéticas 236 embobinadas a través de las ranuras que desarrollan un campo magnético en las superficies delanteras 240A y 240B y en las superficies traseras 244A y 244B de los núcleos de estator 232A y 232B. El flujo magnético Φ viaja a través de cuatro huecos axiales 214A, 214B, 214C y 214D para generar un par de torsión giratorio. Si bien se muestra una configuración de estator para los estatores 230A y 230B, puede utilizarse cualquier configuración de

estator mostrada en la Figura 4 o la Figura 5.

[0040] Una combinación alternativa de rotor estator 350 que se ilustra en la Figura 6E tiene seis huecos 214A-F con cuatro rotores 202A-D y tres estatores 230A-C. El flujo magnético Φ viaja a través de seis huecos axiales 214A, 214B, 214C, 214D, 214E y 214F para generar un par de torsión giratorio. Si bien se muestra una configuración de estator para el estator 230A-C, puede utilizarse cualquier configuración de estator mostrada en la Figura 4 o la Figura 5.

[0041] Una combinación alternativa de rotor estator 360 que se ilustra en la Figura 6F tiene tres huecos con dos huecos axiales 214A-B y un hueco radial 258 con un rotor 270 y dos estatores axiales 206A y 206B y un estator radial 260. El rotor 270 puede tener un conjunto axial de imanes permanentes 257 montados en la superficie delantera 255 y en la superficie trasera del disco de rotor 251 o imanes permanentes 257 montados dentro del disco de rotor 251. El rotor 270 puede tener imanes permanentes radiales 253 montados en la superficie superior 265 del disco de rotor 251. Los estatores 206A y 206B tienen huecos axiales 214A y 214B con el rotor 270. Los estatores 206A y 206B son paralelos al rotor 270 y tienen espirales electromagnéticas 224 montadas en la superficie orientada al rotor 270. El flujo magnético Φ viaja a través de dos huecos axiales 214A y 214B para generar un par de torsión giratorio. El estator radial 260 tiene un hueco radial 258 con el rotor 270. El estator radial 260 es perpendicular al eje de rotación y está alineado con la superficie superior 265 del rotor 270. El estator radial 260 tiene un núcleo de estator 262 con espirales electromagnéticas 266 montadas en las bobinas de estator 263 alineadas para orientarse al rotor 270. El flujo magnético Φ del estator 260 viaja radialmente a través de del hueco axial 258 para generar un par de torsión giratorio. Si bien se muestran los estatores radiales 260 y 206A-B, se puede utilizar cualquier configuración de estator mostrada en la Figura 4 o la Figura 5.

[0042] Una combinación alternativa de rotor estator 370 que se ilustra en la Figura 6G tiene tres huecos con dos huecos axiales 214A-B y un hueco radial 258 con un estator 250 y los rotores 202A y 202B y un rotor radial 280. En esta forma de realización, el estator 250 se puede conectar a un eje axial (no se muestra) para rotar dentro de los rotores axiales 202A-B y del rotor radial 280. El rotor radial 280 y los rotores 202A y 202B están conectados mecánicamente y no están fijados a la carcasa y rotan. El rotor 202A puede tener imanes permanentes 216 montados en la superficie trasera 211A del disco de rotor 218A o imanes permanentes 216 montados dentro del disco de rotor 218A. El rotor 202B puede tener imanes permanentes 216 montados en la superficie delantera 204B del disco de rotor 218B o imanes permanentes 216 montados dentro del

disco de rotor 218B. El estator 250 puede tener un núcleo de estator 252 no ranurado con bobinas electromagnéticas 254 embobinadas en la dirección radial para tener una forma de toroide parcial alrededor del núcleo de estator 252. El estator 250 tiene un hueco axial 214A y 214B con los rotores 202A y 202B. El estator 250 es paralelo al disco de rotor 218A y al disco de rotor 218B. El flujo magnético Φ viaja a través de dos huecos axiales 214A y 214B para generar un par de torsión giratorio. El estator 250 tiene un hueco radial 258 con el rotor radial 280. El rotor radial 280 es perpendicular y está alineado con la superficie superior 259 del estator 250. El rotor 280 tiene un núcleo de rotor 283 con imanes permanentes 286 montados en la superficie interior 288 alineados con la superficie exterior 269 del estator 250. El flujo magnético Φ del estator 250 viaja radialmente a través del hueco 258 para generar un par de torsión giratorio. Si bien se muestra el estator 250, se puede utilizar cualquier configuración de estator mostrada en la Figura 4 o la Figura 5.

[0043] Una combinación alternativa de rotor estator 380 que se ilustra en la Figura 6H tiene tres huecos con dos huecos axiales 214A-B y un hueco radial 258 con un estator 250, estatores 206A, 206B y un estator radial 260. En esta forma de realización, el estator 250 se puede conectar a un eje axial (no se muestra) para rotar dentro de los estatores axiales 206A-B y del estator radial 260. El estator radial 260 y los estatores axiales 206A y 206B están fijados a la carcasa (no se muestra) y no rotan. El estator 250 puede tener un núcleo de estator 252 no ranurado con bobinas electromagnéticas 254 embobinadas en la dirección radial para tener una forma de toroide parcial alrededor del núcleo de estator 252. Los estatores 206A y 206B tienen un hueco axial 214A y 214B con el estator 250. Los estatores 206 y 206B son paralelos al estator 250 y tienen espirales electromagnéticas 224 montadas a la superficie orientada al estator 250. El flujo magnético Φ viaja a través de dos huecos axiales 214A y 214B para generar un par de torsión giratorio. El estator radial 260 tiene un hueco radial 258 con el estator 250. El estator radial 260 es perpendicular y está alineado con la superficie superior 273 del estator 250. El estator radial 260 tiene un núcleo de estator 262 con espirales electromagnéticas 266 montadas en las bobinas de estator 263 alineadas para orientarse a las espirales electromagnéticas 266. El flujo magnético Φ del estator 260 viaja radialmente a través de los huecos 258 para generar un par de torsión rotatorio. Si bien se muestra el estator radial 260 y los estatores 206A, 206B y 250, se puede utilizar cualquier configuración de estator mostrada en la Figura 4 o la Figura 5.

[0044] Con respecto a la Figura 7A, se describe una forma de realización de un motor de flujo axial 400 conectado a una sección de sellado 410. La sección de sellado

410 se puede unir al motor de flujo axial 400 con uno o más pernos 402. Si bien se muestra un perno 402, se puede utilizar cualquier tipo de sujetador tal como tornillos, tuercas, roscas, etc. El acoplamiento de sección de sellado 406 puede acoplarse de manera roscada al eje de sección de sellado 408 y puede conectarse al eje giratorio 432 por deslizamiento de ejes nervados.

[0045] La sección de sellado 410 puede incluir un sello de bolsa, un sello laberíntico, un cojinete de empuje, puertos de salida de desechos y una cámara de expansión térmica. La sección de sellado 410 tiene una carcasa 412 conectada herméticamente a la base de la sección de sellado 411 (o formada integralmente con esta). Una superficie de cojinete de empuje estacionario 414 puede conectarse, incrustarse o pertenecer integralmente a la base de la sección de sellado 411. Un disco de empuje 416 puede estar unido al eje de la sección de sellado 408 de manera tal que el disco de empuje 416 rote con el eje de la sección de sellado 408. El disco de empuje 416 puede tener una superficie de cojinete de empuje giratorio 418 y un puerto de fluido 420. El ensamblaje de sellado del eje 422 puede tener uno o más sellos laberínticos, sellos de bolsas infladas o ambos. El ensamblaje de sellado del eje 422 puede tener múltiples sellos laberínticos, sellos de bolsas infladas o ambos en tándem.

[0046] La sección de sellado 410 puede tener una superficie de cojinete de empuje giratorio 418 acoplada con una superficie de cojinete de empuje estacionario 414. El ensamblaje de bomba 20 puede transferir una fuerza de reacción hacia abajo al eje rotatorio del eje de la sección de sellado 408. El disco de empuje 416 conectado al eje de la sección de sellado 408 transfiere la fuerza a través de la superficie del cojinete de empuje giratorio 418 a la superficie del cojinete de empuje estacionario 414 y a la base de la sección de sellado 411. La transferencia de la fuerza hacia abajo generada a las superficies de cojinete de empuje puede aislar el motor de flujo axial 400 de la fuerza hacia abajo generada.

[0047] El aceite refrigerante del motor de flujo axial 400 puede llenar la cámara de sección de sellado 424 y lubricar la superficie del cojinete de empuje giratorio 418 y la superficie del cojinete de empuje estacionario 414.

[0048] El motor de flujo axial 400 se puede conectar a la sección de sellado 410 con pernos 402 acoplados de manera roscada a la superficie del extremo del cabezal del motor 434. La carcasa del motor 436 puede contener el estator delantero 440, el rotor delantero 450, el estator medio 460, el rotor trasero 470, el estator trasero 480 y la base 490. El estator delantero 440, el estator medio 460 y el estator trasero 480 pueden fijarse a la carcasa del motor 436 y no girar.

[0049] El estator delantero 440 puede tener una pluralidad de bobinas de estator 444 espaciadas de manera angular en un núcleo de estator. Cada bobina de estator 444 puede tener una espiral electromagnética 442 embobinada alrededor de un núcleo de bobina de estator. El estator delantero 440 y el rotor delantero 450 pueden estar separados por el hueco 492. El rotor delantero 450 puede estar unido al eje giratorio 432 o puede estar formado por un cuerpo unitario. El rotor delantero 450 gira alrededor de un eje central del eje giratorio 432. La superficie delantera 456 es perpendicular al eje central del eje giratorio 432. Se puede montar un imán permanente 454 sobre la superficie delantera 456 de un disco de rotor 452 o se pueden montar o fijar imanes permanentes 454 en el disco de rotor 452. Los imanes permanentes 454 están dispuestos radialmente y espaciados de manera angular para explicar la posición radial y angular de las bobinas de estator 444. La polaridad de los imanes permanentes 454 varía en función de la posición angular en el disco de rotor 452, que se puede proporcionar con el codificador giratorio que se analiza en la presente. Si bien se muestra una configuración de estator para el estator delantero 440, se puede utilizar cualquier configuración de estator mostrada en la Figura 4 o la Figura 5.

[0050] Un estator medio 460 puede estar unido entre un estator delantero 440 y un estator trasero 480. El estator medio 460 puede tener una pluralidad de bobinas electromagnéticas 462 alrededor de un núcleo de estator 464. Las bobinas electromagnéticas 462 pueden enrollarse en una dirección radial para dar una forma de toroide parcial alrededor del núcleo de estator 464. El núcleo de estator 464 puede estar ranurado o acanalado, o el núcleo de estator 464 puede no estar ranurado. Las bobinas electromagnéticas 462 se pueden enrollar con el mismo ancho a lo largo de la superficie delantera 466 y la superficie trasera 468. Las bobinas electromagnéticas 462 pueden enrollarse con una forma angular con un hueco constante entre las bobinas. El estator medio 460 está separado del rotor delantero 450 por el hueco 494 y el rotor trasero 470 por el hueco 496. Si bien se muestra una configuración de estator para el estator medio 460, puede utilizarse cualquier configuración de estator mostrada en la Figura 4 o la Figura 5.

[0051] El rotor trasero 470 puede estar unido al eje giratorio 432 o puede estar formado por un cuerpo unitario. El rotor trasero 470 gira alrededor de un eje común al eje giratorio 432. La superficie delantera 476 del rotor trasero 470 es perpendicular al eje común al eje giratorio 432. Se puede montar un imán permanente 474 sobre la superficie delantera 476 de un disco de rotor 472 o se pueden montar o fijar imanes permanentes 474 en el disco de rotor 472. Los imanes permanentes 474 están

dispuestos radialmente y espaciados de manera angular para explicar la posición radial y angular de las bobinas electromagnéticas 462. La polaridad de los imanes permanentes 474 varía en función de la posición angular en el disco de rotor 472, que se puede proporcionar con el codificador giratorio que se analiza en la presente.

[0052] El estator trasero 480 puede tener una pluralidad de bobinas de estator 484 espaciadas de manera angular en un núcleo de bobina de estator 486. Cada bobina de estator 484 puede tener una espiral electromagnética 482 embobinada alrededor de un núcleo de bobina de estator 486. El estator delantero 480 y el rotor trasero 470 pueden estar separados por el hueco 498. Si bien se muestra una configuración de estator para el estator 480, se puede utilizar cualquier configuración de estator mostrada en la Figura 4 o la Figura 5.

[0053] El motor de flujo axial 400 se puede configurar con cuatro huecos axiales con dos rotores y tres estatores. El flujo magnético Φ puede viajar a través de los huecos 492, 494, 496, y 498 para generar un par de torsión giratorio. El flujo magnético Φ puede emitirse desde un estator a través de cada hueco 492, 494, 496, y 498 y regresar al estator emisor para influir en los imanes permanentes en el rotor para inducir la rotación. El flujo magnético Φ puede emitirse desde un estator y cruzar un hueco a través de un rotor, a través de un hueco, hasta un estator y regresar al estator emisor para influir en los imanes permanentes en el rotor para inducir la rotación. El flujo magnético Φ puede viajar desde un estator a través de uno o más huecos para influir en los imanes permanentes en los rotores para inducir la rotación. El flujo magnético Φ puede viajar desde el estator 440 a través del hueco 492 hacia el rotor delantero 450 y regresar a través del hueco 492. El flujo magnético Φ puede viajar desde el estator 440 a través del hueco 492, a través del rotor delantero 450, a través del hueco 494, hacia el estator medio 460. La vía de flujo Φ dada puede cambiar en función del tipo de configuración de estator y rotor. La vía de flujo Φ dada puede cambiar en función de la polaridad del imán de rotor en una configuración de estator y rotor. Si bien se describen dos vías de flujo magnético Φ , se entiende que se puede usar cualquier combinación de rotor estator y cualquier vía de flujo magnético sin desviarse de la divulgación.

[0054] El estator trasero 480 se puede conectar a la base 490 y/o la carcasa del motor 436, y la base 490 puede tener cojinetes internos. Los cojinetes del eje giratorio 491 pueden ubicarse en la superficie exterior 493 del eje giratorio 432 y en una pista de cojinete 497 dentro de la base 490. Los cojinetes del eje giratorio 491 pueden configurarse para soportar los rotores, reducir la vibración y distribuir la carga radial y axial del cojinete. Los cojinetes del eje giratorio 491 pueden ser rodamientos tal como

cojinetes de deslizamiento giratorios, bujes, rodamientos de bola, de rodillos, de rodillos esféricos, de rodillos cónicos o de agujas. Los cojinetes del eje giratorio 491 pueden estar dentro de un ensamblaje abierto que permite que el fluido lubricante fluya a través de un ensamblaje cerrado con una estructura sellada. Los cojinetes del eje giratorio 491 pueden ser de cualquiera de las configuraciones enumeradas o de una combinación de estas. Los cojinetes del eje giratorio 491 pueden ser de bronce, aleación de acero, aleación de níquel, cerámica, grafito, materiales compuestos o cualquier combinación de estos.

[0055] Si bien los cojinetes del eje giratorio 491 se muestran en una ubicación, los cojinetes del eje giratorio 491 pueden colocarse en múltiples ubicaciones dentro del motor de flujo axial 400. Los cojinetes del eje giratorio 491 pueden colocarse entre el rotor delantero 450 y el rotor trasero 470. El cojinete del eje giratorio 491 puede colocarse junto a la superficie delantera y la superficie trasera de cada rotor. Cada uno de los cojinetes del eje giratorio 491 colocados en el motor de flujo axial 400 puede ser del mismo tipo de cojinete o puede ser de múltiples tipos de cojinetes.

[0056] En una forma de realización alternativa, el cojinete del eje giratorio 491 puede ser un cojinete de empuje. El cojinete del eje giratorio 491 puede tener una superficie de cojinete de empuje giratorio conectada a una superficie de cojinete de empuje estacionario (no se muestra). El motor de flujo axial 400 puede tener uno o más cojinetes de empuje y uno o más cojinetes de eje giratorio 491, por ejemplo, del tipo mostrado en la sección de sellado 410 de la Figura 7A.

[0057] En un aspecto, la totalidad o una porción de la sección de sellado 40 de la Figura 1 puede incorporarse a una carcasa en común con el motor de flujo axial 50, por ejemplo, disponerse dentro de una carcasa común o en un subensamble. Con respecto a la Figura 7B, se describe una forma de realización de un motor de flujo axial 500 y una sección de sellado 510 con un eje giratorio común 508. En esta forma de realización, la sección de sellado 510 y el motor de flujo axial 500 pueden compartir una única carcasa de motor 536 y un eje giratorio común 508. La carcasa de motor 536 puede contener la sección de sellado 510 (que corresponde a uno o más componentes de la sección de sellado 410 de la Figura 7A) y el motor de flujo axial 500. Un eje giratorio 508 se puede extender desde el rotor delantero 450 hacia la sección de sellado 510. Como se muestra en la Figura 7B, la sección de sellado 510 comprende un cojinete de empuje 514/516 y el ensamblaje de sellado del eje 522 dentro de una carcasa en común con el motor de flujo axial 50. En una forma de realización alternativa, el cojinete de empuje 514/516 está contenido dentro de una carcasa en común con el motor de flujo axial 50, y otros

componentes del ensamblaje de sellado del eje 522 pueden estar contenidos dentro de una carcasa aparte que está conectada mecánicamente (por ejemplo, con pernos o roscas) a la carcasa de motor 536, por ejemplo, como se muestra en la Figura 7A (por ejemplo, carcasa 412 conectada con pernos a la carcasa de motor 436).

[0058] La sección de sellado 510 puede contener un sello de bolsa, un sello laberíntico, un cojinete de empuje, puertos de salida de desechos y una cámara de expansión térmica. El cabezal de la sección de sellado 511 puede fijarse a la carcasa de motor 536. Una superficie de cojinete de empuje estacionario 514 puede conectarse, incrustarse o pertenecer integralmente al cabezal de la sección de sellado 511. Un disco de empuje 516 puede conectarse al eje giratorio 508 de manera tal que el disco de empuje 516 gire con el eje giratorio 508. El disco de empuje 516 puede tener una superficie de cojinete de empuje giratorio 518 y un puerto de fluido 520. El ensamblaje de sellado del eje 522 puede tener uno o más sellos laberínticos, sellos de bolsas infladas o ambos. El ensamblaje de sellado del eje 522 puede tener múltiples sellos laberínticos, sellos de bolsas infladas o ambos.

[0059] La sección de sellado 510 puede tener una superficie de cojinete de empuje giratorio 518 acoplado con una superficie de cojinete de empuje estacionario 514. El ensamblaje de bomba 20 puede transferir una fuerza de reacción hacia abajo por el eje giratorio al eje giratorio 508. El disco de empuje 516 conectado al eje giratorio 508 transfiere la fuerza a través de la superficie de cojinete de empuje giratorio 518 a la superficie de cojinete de empuje estacionario 514 y al cabezal de la sección de sellado 511. La transferencia de la fuerza hacia abajo generada a las superficies de cojinete de empuje puede aislar el motor de flujo axial 500 de la fuerza hacia abajo generada.

[0060] El aceite refrigerante del motor de flujo axial 500 puede llenar la cámara de sección de sellado 524 y lubricar la superficie del cojinete de empuje giratorio 518 y la superficie del cojinete de empuje estacionario 514.

[0061] El motor de flujo axial 500 se puede conectar a la sección de sellado 510 con una carcasa de motor alargada 536. La carcasa de motor 536 puede contener el estator delantero 440, el rotor delantero 450, el estator medio 460, el rotor trasero 470, el estator trasero 480 y la base 490. El estator delantero 440, el estator medio 460 y el estator trasero 480 pueden fijarse a la carcasa de motor 536 y no girar.

[0062] El rotor delantero 450 puede estar unido al eje giratorio 508 o puede estar formado por un cuerpo unitario. El rotor delantero 450 gira alrededor de un eje central del eje giratorio 508. La superficie delantera 456 es perpendicular al eje central del eje giratorio 508. Se puede montar un imán permanente 454 sobre la superficie delantera

456 de un disco de rotor 452 o se pueden montar o fijar imanes permanentes 454 en el disco de rotor 452. Los imanes permanentes 454 están dispuestos radialmente y espaciados de manera angular para explicar la posición radial y angular de las bobinas de estator 444. La polaridad de los imanes permanentes 454 varía en función de la posición angular en el disco de rotor 452, que se puede proporcionar con el codificador giratorio que se analiza en la presente. El rotor delantero 450 puede conectarse al eje giratorio medio 506 o puede estar formado por un cuerpo unitario.

[0063] El estator delantero 440 puede conectarse al cabezal de la sección de sellado 511 y/o de la carcasa de motor 536. El estator delantero 440 puede tener una pluralidad de bobinas de estator 444 espaciadas de manera angular en un núcleo de estator. Cada bobina de estator 444 puede tener una espiral electromagnética 442 embobinada alrededor de un núcleo de bobina de estator. El estator delantero 440 y el rotor delantero 450 pueden estar separados por el hueco 492. Si bien se muestra una configuración de estator para el estator delantero 440, se puede utilizar cualquier configuración de estator mostrada en la Figura 4 o la Figura 5.

[0064] Un estator medio 460 puede estar unido entre un estator delantero 440 y un estator trasero 480. El estator medio 460 puede tener una pluralidad de bobinas electromagnéticas 462 alrededor de un núcleo de estator 464. Las bobinas electromagnéticas 462 pueden enrollarse en una dirección radial para dar una forma de toroide parcial alrededor del núcleo de estator 464. El núcleo de estator 464 puede estar ranurado o acanalado. El núcleo de estator 464 puede no estar ranurado. Las bobinas electromagnéticas 462 se pueden enrollar con el mismo ancho a lo largo de la superficie delantera 466 y la superficie trasera 468. Las bobinas electromagnéticas 462 pueden enrollarse con una forma angular con un hueco constante entre las bobinas. El estator medio 460 está separado del rotor delantero 450 por el hueco 494 y el rotor trasero 470 por el hueco 496. Si bien se muestra una configuración de estator para el estator medio 460, se puede utilizar cualquier configuración de estator mostrada en la Figura 4 o la Figura 5.

[0065] El rotor trasero 470 puede estar unido al eje giratorio medio 506 o puede estar fabricado a partir de una construcción unitaria. El rotor trasero 470 gira alrededor de un eje común al eje giratorio medio 506. La superficie delantera 476 del rotor trasero 470 es perpendicular al eje común al eje giratorio medio 506. Se puede montar un imán permanente 474 sobre la superficie delantera 476 de un disco de rotor 472 o se pueden montar o fijar imanes permanentes 474 en el disco de rotor 472. Los imanes permanentes 474 están dispuestos radialmente y espaciados de manera angular para

explicar la posición radial y angular de las bobinas electromagnéticas 462. La polaridad de los imanes permanentes 474 varía en función de la posición angular en el disco de rotor 472, que se puede proporcionar con el codificador giratorio que se analiza en la presente.

[0066] El estator trasero 480 puede tener una pluralidad de bobinas de estator 484 espaciadas de manera angular en un núcleo de bobina de estator 486. Cada bobina de estator 484 puede tener una espiral electromagnética 482 embobinada alrededor de un núcleo de bobina de estator 486. El estator delantero 480 y el rotor trasero 470 pueden estar separados por el hueco 498. Si bien se muestra una configuración de estator para el estator trasero 480, se puede utilizar cualquier configuración de estator mostrada en la Figura 4 o la Figura 5.

[0067] El estator trasero 480 se puede conectar a la base 490 y la carcasa del motor 536. Los cojinetes del eje giratorio 491 pueden ubicarse en la superficie exterior 513 del eje giratorio trasero 512 y en una pista de cojinete 497 dentro de la base 490. Los cojinetes del eje giratorio 491 pueden configurarse para soportar los rotores, reducir la vibración y distribuir la carga radial y axial del cojinete.

[0068] Si bien los cojinetes del eje giratorio 491 se muestran en una ubicación, los cojinetes del eje giratorio 491 pueden colocarse en múltiples ubicaciones dentro del motor de flujo axial 500. Los cojinetes del eje giratorio 491 pueden colocarse entre el rotor delantero 450 y el rotor trasero 470. El cojinete del eje giratorio 491 puede colocarse junto a la superficie delantera y la superficie trasera de cada rotor. Cada uno de los cojinetes del eje giratorio 491 colocados en el motor de flujo axial 500 puede ser del mismo tipo de cojinete o puede ser de múltiples tipos de cojinetes.

[0069] Con respecto a la Figura 7C, se describe una forma de realización de un motor de flujo axial 600, una sección de sellado 610 y un sistema de intercambio de calor 620. En esta forma de realización, la sección de sellado 610 y el motor de flujo axial 600 pueden estar en carcasas separadas que están conectadas de manera extraíble, por ejemplo, como se muestra con referencia a los pernos 402 y el acoplamiento de la sección de sellado 406 de la Figura 7A, o la sección de sellado 610 y el motor de flujo axial 600 pueden compartir una carcasa y un eje comunes, por ejemplo, como se muestra con referencia a la carcasa del motor 536 y el eje giratorio 508 de la Figura 7B. Una bomba de aceite dentro del sistema intercambiador de calor 620 puede hacer circular aceite refrigerante a través del motor de flujo axial 600. El motor de flujo axial 600 tiene una carcasa exterior 660 que intercambia calor del aceite refrigerante con el ambiente del pozo.

[0070] La sección de sellado 610 puede contener un sello de bolsa, un sello laberíntico, un cojinete de empuje, puertos de salida de desechos y una cámara de expansión térmica dentro de la cámara 622, por ejemplo (sin limitación) como se describe con referencia a la sección de sellado 510 de la Figura 7B. El cabezal de la sección de sellado 511 se puede fijar a la carcasa interior 650 o se puede conectar de forma extraíble con sujetadores extraíbles, como se muestra en la Figura 7A. La sección de sellado 610 se puede sellar al motor de flujo axial 600 con sellos, carcasa continua o cualquier otro método conocido por las personas del oficio de nivel medio.

[0071] El motor de flujo axial 600 puede tener una carcasa interior 650 y una carcasa exterior 660. La carcasa interior 650 puede contener el estator delantero 440, el rotor delantero 450, el estator medio 460, el rotor trasero 470, el estator trasero 480 y la sección de bomba de aceite 495. El estator delantero 440, el estator medio 460 y el estator trasero 480 pueden fijarse a la carcasa interior 650 y no girar. El estator delantero 440, el rotor delantero 450, el estator medio 460, el rotor trasero 470, el estator trasero 480 pueden configurarse y funcionar como se describe con referencia a los componentes similares de la Figura 7A.

[0072] El rotor delantero 450 puede estar unido al eje giratorio 608 o puede estar formado por un cuerpo unitario. El rotor delantero 450 gira alrededor de un eje central del eje giratorio 608. La superficie delantera 456 es perpendicular al eje central del eje giratorio 608. El rotor delantero puede tener imanes permanentes como se describe en la Figura 7A. El rotor delantero 450 puede estar unido al eje giratorio medio 606 o puede estar formado por un cuerpo unitario.

[0073] El estator delantero 440 se puede unir al cabezal de la sección de sellado 611 y a la carcasa interior 650. El estator delantero 440 puede tener una pluralidad de bobinas de estator 444 espaciadas de manera angular en un núcleo de estator. Cada bobina de estator 444 puede tener una espiral electromagnética 442 embobinada alrededor de un núcleo de bobina de estator. El estator delantero 440 y el rotor delantero 450 pueden estar separados por el hueco 492. Si bien se muestra una configuración de estator para el estator delantero 440, se puede utilizar cualquier configuración de estator mostrada en la Figura 4 o la Figura 5.

[0074] Un estator medio 460 puede estar unido entre un estator delantero 440 y un estator trasero 480. El estator medio 460 puede tener una pluralidad de bobinas electromagnéticas 462 alrededor de un núcleo de estator 464. Las bobinas electromagnéticas 462 pueden enrollarse en una dirección radial para dar una forma de toroide parcial alrededor del núcleo de estator 464. El núcleo de estator 464 puede estar

ranurado o acanalado, o el núcleo de estator 464 puede no estar ranurado. Las bobinas electromagnéticas 462 se pueden enrollar con el mismo ancho a lo largo de la superficie delantera 466 y la superficie trasera 468. Las bobinas electromagnéticas 462 pueden enrollarse con una forma angular con un hueco constante entre las bobinas. El estator medio 460 está separado del rotor delantero 450 por el hueco 494 y el rotor trasero 470 por el hueco 496. Si bien se muestra una configuración de estator para el estator medio 460, puede utilizarse cualquier configuración de estator mostrada en la Figura 4 o la Figura 5.

[0075] El rotor trasero 470 puede estar unido al eje giratorio medio 606 o puede estar fabricado a partir de una construcción unitaria. El rotor trasero 470 gira alrededor de un eje común al eje giratorio medio 506. La superficie delantera 476 del rotor trasero 470 es perpendicular al eje común al eje giratorio medio 606. El rotor trasero 470 puede contener imanes permanentes como se describe en las Figuras 7A y 7B. El rotor trasero 470 puede tener un eje giratorio trasero 626 unido a la superficie trasera 468 del disco de rotor 472. La polaridad de los imanes permanentes 474 varía en función de la posición angular en el disco de rotor 472, que se puede proporcionar con el codificador giratorio que se analiza en la presente.

[0076] El estator trasero 480 puede tener una pluralidad de bobinas de estator 484 espaciadas de manera angular en un núcleo de bobina de estator 486. Cada bobina de estator 484 puede tener una espiral electromagnética 482 embobinada alrededor de un núcleo de bobina de estator 486. El estator delantero 480 y el rotor trasero 470 pueden estar separados por el hueco 498. Si bien se muestra una configuración de estator para el estator 480, se puede utilizar cualquier configuración de estator mostrada en la Figura 4 o la Figura 5.

[0077] El estator trasero 480 se puede conectar a la sección de bomba de aceite 495 y a la carcasa interior 650. Los cojinetes del eje giratorio 491 pueden configurarse para soportar los rotores, reducir la vibración y distribuir la carga radial y axial del cojinete.

[0078] En una forma de realización, la sección de bomba de aceite 495 hace circular aceite a través del motor de flujo axial 600 para transferir el calor generado por las espirales electromagnéticas.

[0079] El movimiento giratorio del eje giratorio trasero 626 proporciona el movimiento giratorio a la bomba de aceite para presurizar el aceite. El mecanismo de bombeo de aceite puede ser un rodete y un difusor, sin embargo, se puede utilizar cualquier tipo de método de bombeo rotativo: bomba de engranajes externos, bomba de

engranajes internos, bomba de lóbulos, bomba de paletas deslizantes, bomba de pistón, bomba de tornillo simple, bomba de tornillo doble, bomba centrífuga de etapa única, o bomba centrífuga multietapa, o cualquier tipo de bomba similar.

[0080] Si bien la sección de bomba de aceite 495 se muestra unida a la parte inferior del motor de flujo axial 600, la sección de bomba de aceite 495 puede estar unida entre el motor de flujo axial 600 y la sección de sellado 610. Si bien el rodete y el difusor se muestran unidos al eje giratorio trasero 626, la bomba de aceite puede tener un motor independiente del motor de flujo axial. Si bien la bomba de aceite se muestra como un rodete separado dentro de un difusor, la bomba de aceite puede estar formada por paletas o rodetes en los rotores.

[0081] Con respecto a la Figura 7D, se describe una forma de realización de un motor de flujo axial 700, una sección de sellado 710 y un sistema de intercambio de calor 720. La forma de realización de la Figura 7D es similar a la forma de realización de la Figura 7C, excepto que el sistema intercambiador de calor 720 que tiene un ensamblaje de refrigeración se muestra y describe en la Figura 7D como alternativa al sistema intercambiador de calor 620 de la Figura 7C. En esta forma de realización, el motor de flujo axial 700 puede estar en carcasas separadas que están conectadas de manera extraíble, por ejemplo, como se muestra con referencia a los pernos 402 y el acoplamiento de la sección de sellado 406 de la Figura 7A, o la sección de sellado 610 y el motor de flujo axial 600 pueden compartir una carcasa y un eje comunes, por ejemplo, como se muestra con referencia a la carcasa del motor 536 y el eje giratorio 508 de la Figura 7B. Una bomba de aceite dentro del sistema intercambiador de calor 720 puede hacer circular aceite refrigerante a través del motor de flujo axial 700. El sistema intercambiador de calor 720 puede tener un ensamblaje de refrigeración para enfriar el aceite que circula por una bomba de aceite.

[0082] La sección de sellado 710 puede contener un sello de bolsa, un sello laberíntico, un cojinete de empuje, puertos de salida de desechos y una cámara de expansión térmica dentro de la cámara 722, por ejemplo, (sin limitación) como se describe con referencia a la sección de sellado 510 de la Figura 7B. El cabezal de la sección de sellado 511 se puede fijar a la carcasa del motor 750 o se puede conectar de forma extraíble con sujetadores extraíbles, como se muestra en la Figura 7A. La sección de sellado 710 se puede sellar al motor de flujo axial 700 con sellos, carcasa continua o cualquier otro método conocido por las personas del oficio de nivel medio.

[0083] El motor de flujo axial 700 puede tener una carcasa de motor 750 que contiene el estator delantero 440, el rotor delantero 450, el estator medio 460, el rotor

trasero 470, el estator trasero 480 y la sección de bomba de aceite 495. El estator delantero 440, el estator medio 460 y el estator trasero 480 pueden fijarse a la carcasa de motor 750 y no girar. El estator delantero 440, el rotor delantero 450, el estator medio 460, el rotor trasero 470, el estator trasero 480 pueden configurarse y funcionar como se describe con referencia a los componentes similares de la Figura 7A.

[0084] El rotor delantero 450 puede estar unido al eje giratorio 708 o puede estar formado por un cuerpo unitario. El rotor delantero 450 gira alrededor de un eje central del eje giratorio 708. La superficie delantera 456 es perpendicular al eje central del eje giratorio 708. El rotor delantero puede tener imanes permanentes como se describe en la Figura 7A. El rotor delantero 450 puede conectarse al eje giratorio medio 706 o puede estar formado por un cuerpo unitario.

[0085] El estator delantero 440 puede estar unido al cabezal de la sección de sellado 711 y de la carcasa de motor 750. El estator delantero 440 puede tener una pluralidad de bobinas de estator 444 espaciadas de manera angular en un núcleo de estator. Cada bobina de estator 444 puede tener una espiral electromagnética 442 embobinada alrededor de un núcleo de bobina de estator. El estator delantero 440 y el rotor delantero 450 pueden estar separados por el hueco 492. Si bien se muestra una configuración de estator para el estator delantero 440, se puede utilizar cualquier configuración de estator mostrada en la Figura 4 o la Figura 5.

[0086] Un estator medio 460 puede estar unido entre un estator delantero 440 y un estator trasero 480. El estator medio 460 puede tener una pluralidad de bobinas electromagnéticas 462 alrededor de un núcleo de estator 464. Las bobinas electromagnéticas 462 pueden enrollarse en una dirección radial para dar una forma de toroide parcial alrededor del núcleo de estator 464. El núcleo de estator 464 puede estar ranurado o acanalado, o el núcleo de estator 464 puede no estar ranurado. Las bobinas electromagnéticas 462 se pueden enrollar con el mismo ancho a lo largo de la superficie delantera 466 y la superficie trasera 468. Las bobinas electromagnéticas 462 pueden enrollarse con una forma angular con un hueco constante entre las bobinas. El estator medio 460 está separado del rotor delantero 450 por el hueco 494 y el rotor trasero 470 por el hueco 496. Si bien se muestra una configuración de estator para el estator medio 460, puede utilizarse cualquier configuración de estator mostrada en la Figura 4 o la Figura 5.

[0087] El rotor trasero 470 puede estar unido al eje giratorio medio 706 o puede estar fabricado a partir de una construcción unitaria. El rotor trasero 470 gira alrededor de un eje común al eje giratorio medio 506. La superficie delantera 476 del rotor trasero

470 es perpendicular al eje común al eje giratorio medio 606. El rotor trasero 470 puede contener imanes permanentes como se describe en las Figuras 7A y 7B. El rotor trasero 470 puede tener un eje giratorio 726 unido a la superficie trasera 468 del disco de rotor 472. La polaridad de los imanes permanentes 474 varía en función de la posición angular en el disco de rotor 472, que se puede proporcionar con el codificador giratorio que se analiza en la presente.

[0088] El estator trasero 480 puede tener una pluralidad de bobinas de estator 484 espaciadas de manera angular en un núcleo de bobina de estator 486. Cada bobina de estator 484 puede tener una espiral electromagnética 482 embobinada alrededor de un núcleo de bobina de estator 486. El estator delantero 480 y el rotor trasero 470 pueden estar separados por el hueco 498. Si bien se muestra una configuración de estator para el estator 480, se puede utilizar cualquier configuración de estator mostrada en la Figura 4 o la Figura 5.

[0089] El estator trasero 480 se puede conectar a la sección de bomba de aceite 495 y a la carcasa de motor 750. Los cojinetes del eje giratorio 491 pueden configurarse para soportar los rotores, reducir la vibración y distribuir la carga radial y axial del cojinete.

[0090] En una forma de realización, la sección de bomba de aceite 495 hace circular aceite desde el motor de flujo axial 700 hasta una cámara de depósito con un ensamblaje de refrigeración 780 que comprende un ciclo de refrigeración y componentes relacionados (por ejemplo, compresor, condensador, válvula de expansión y evaporador). El aceite transfiere el calor generado por las espirales electromagnéticas a un depósito de aceite 734 configurado para intercambiar calor con la espiral de enfriamiento 784 del ensamblaje de refrigeración 780.

[0091] La sección de bomba de aceite 495 puede tener un rodete 724 dentro de una cavidad difusora 772. El movimiento de rotación del eje giratorio 726 hace girar el rodete 724 dentro de la cavidad del difusor 772 para presurizar el aceite. El mecanismo de bombeo de aceite puede ser un rodete y un difusor, sin embargo, se puede utilizar cualquier tipo de método de bombeo rotativo: bomba de engranajes externos, bomba de engranajes internos, bomba de lóbulos, bomba de paletas deslizantes, bomba de pistón, bomba de tornillo simple, bomba de tornillo doble, bomba centrífuga de etapa única, o bomba centrífuga multietapa, o cualquier tipo de bomba similar.

[0092] El aceite puede ser presurizado por la sección de la bomba de aceite 495 para que fluya a través del puerto de salida 774 y hacia el depósito de aceite 734 definido por la carcasa de motor 750, el extremo inferior de la carcasa 752, la partición

796 y la superficie del extremo de la tapa de la bomba de aceite 754. El aceite se puede enfriar mediante la espiral de enfriamiento 784 antes de regresar al motor a través de los puertos 786 y al pasaje de flujo 788 (por ejemplo, un conducto de flujo hueco dentro del eje giratorio 726). La espiral de refrigeración 784 genera una superficie de refrigeración a partir del ensamblaje de refrigeración 780. El ensamblaje de refrigeración 780 incluye un compresor 790 que comprime una mezcla de refrigerante tal como un fluido de trabajo de fluorocarbono, amoníaco o propano. El compresor 790 puede ser accionado por el eje giratorio 726 o con un motor secundario. El fluido comprimido pasa del compresor 790 a la espiral del intercambiador de calor 792 que puede estar unida a la carcasa de motor 750. El fluido comprimido puede intercambiar calor con la espiral del intercambiador de calor 792 que intercambia calor a través de la carcasa de motor 750 con los fluidos ambientales del pozo fuera de la carcasa de motor 750. Una partición 796 puede separar el compartimiento de enfriamiento 756 con la espiral de enfriamiento 784 del compartimiento de calentamiento 758 con la espiral del intercambiador de calor 792. El refrigerante líquido comprimido pasa del compresor 790 a la espiral del intercambiador de calor 792, a través de una válvula de expansión 794 donde se expande a un gas y fluye hacia la espiral de enfriamiento 784, luego regresa al compresor 790 para su compresión a un líquido y la circulación continua a través del ciclo de refrigeración.

[0093] El flujo de aceite puede pasar por el paso de flujo 788 y salir por el puerto de flujo superior 488 y el puerto de flujo inferior 487 para fluir a través de los huecos entre el rotor superior, el rotor trasero y el eje para enfriar las espirales del estator y lubricar los cojinetes axial y radial.

[0094] Si bien la sección de bomba de aceite 495 se muestra unida a la parte inferior del motor de flujo axial 700, la sección de bomba de aceite 495 puede estar unida entre el motor de flujo axial 700 y la sección de sellado 710.

[0095] Si bien el ensamblaje de refrigeración 780 y el depósito de aceite 734 se muestran debajo del motor de flujo axial 700, el ensamblaje de refrigeración 780 y el depósito de aceite 734 pueden ubicarse entre el motor de flujo axial 700 y la sección de sellado 710.

[0096] En una forma de realización, el ensamblaje de refrigeración 780 y el depósito de aceite 734 pueden ubicarse en la sección de sellado 710.

[0097] Aunque la forma de realización del sistema de bomba 100 se describe como una bomba de producción que bombea fluido desde un pozo a una tubería, el sistema de bomba 100 puede ser una bomba de inyección que bombea fluido desde la superficie

hacia un pozo.

[0098] Con respecto a la Figura 8, se describe un método para modificar una forma de realización del motor de flujo axial 800, unido a una sección de sellado y un ensamblaje de bomba. Se pueden agregar, quitar o reemplazar uno o más pares de rotores y estatores de un motor de flujo axial. En una realización del motor de flujo axial 800, se puede agregar un ensamblaje (o módulo) de rotores 830B y estatores 840B a un motor de flujo axial 800 que está unido a una sección de sellado y ensamblaje de bomba.

[0099] El ensamblaje del motor de flujo axial 800 antes de la modificación puede incluir una tapa de extremo 820 conectada a una sección de sellado 893. La tapa de extremo 820 y el eje giratorio 802 se pueden conectar a la sección de sellado 893 mediante roscas, sujetadores, soldadura, otras piezas de conexión (no mostradas) o cualquier otro método que puedan utilizar las personas del oficio de nivel medio.

[00100] La tapa de extremo 820 se puede conectar de forma extraíble al estator 840A con roscas, sujetadores, pernos o cualquier otro método. El eje giratorio 802 puede estar conectado al rotor 810 o puede ser un cuerpo unitario. El rotor 810 puede tener imanes permanentes 814 montados en la superficie exterior del disco del rotor 812. El terminal del cable de alimentación 920 puede recibir el cable de alimentación 62 y estar unido a la tapa de extremo 820. El cable de alimentación 62 se puede unir al terminal del cable de alimentación 920 mediante cualquier método de conexión mecánica, tal como roscado, atornillado, soldadura o conectores de cable (no mostrados) que anclan y sellan el cable de alimentación 62 al terminal del cable de alimentación 920 o mediante cualquier otro medio que proporcione estabilidad mecánica. El cable de alimentación 62 puede contener dos, tres o más conductores de alimentación 926 conectados a dos, tres o más conectores de pasadores extraíbles 922A. Si bien el terminal del cable de alimentación 920, el cable de alimentación 62 y los conectores de pasadores extraíbles 922A se ilustran como un ensamblaje separado unido a la tapa de extremo 820, se entiende que el terminal del cable de alimentación 920, el cable de alimentación 62 y los conectores de pasadores extraíbles 922A pueden estar integrados en la tapa de extremo 820 o configurados radialmente alrededor de la circunferencia del motor de flujo axial 800.

[00101] El estator 840A está conectado a la tapa de extremo 820 y al estator 860 mediante roscado, sujetadores, otras piezas de conexión (no mostradas) o una combinación de cualquiera de esos métodos. El estator 840A tiene bobinas electromagnéticas 842A enrolladas radialmente alrededor de un núcleo de estator 844A.

El núcleo del estator 844A puede estar ranurado o no ranurado. Las bobinas electromagnéticas 842A pueden estar enrolladas con forma de toroide parcial recto o con forma de toroide parcial angular. El terminal de transferencia de alimentación 940A puede incluir dos, tres o más conectores de caja extraíbles 944A conectados a conductores de alimentación 946A que terminan en conectores de pasadores extraíbles 942A. Se pueden conectar dos, tres o más cables conductores del estator 948A a los conductores de alimentación 946A. Los cables conductores del estator 948A se enrutan a través del estator 840A para proporcionar alimentación y voltaje a las bobinas electromagnéticas 842A. Los conductores de alimentación 946A y los cables conductores del estator 948A pueden configurarse para conectar el estator 840A en serie con el estator 860 y cualquier otro estator que pueda estar conectado. Los conductores de alimentación 946A y los cables conductores del estator 948A pueden configurarse para conectar el estator 840A en paralelo con el estator 860 y cualquier otro estator que pueda estar conectado. Los conductores de alimentación 946A y los cables conductores del estator 948A pueden configurarse para conectar el estator 840A en una configuración híbrida en serie-paralelo con el estator 860 y cualquier otro estator que pueda estar conectado. Los conductores de alimentación 946A y los cables conductores del estator 948A pueden configurarse con una ubicación direccionable que el controlador 60 pueda controlar individualmente. El controlador 60 puede encender o apagar selectivamente el estator según las entradas y los estados de la matriz de sensores 70.

[00102] Se puede conectar un rotor 830A al rotor 810 en el cubo del rotor 818. El rotor 830A puede tener imanes permanentes 834A montados dentro del disco de rotor 832A. El eje giratorio 836A puede estar conectado al disco de rotor 832A o puede ser una construcción unitaria. El eje giratorio 836A está conectado al disco de rotor 812 en el cubo del rotor 818 mediante una conexión roscada, sujetadores, otras piezas de conexión (no mostradas) o una combinación de métodos.

[00103] Se puede conectar un estator 860 al estator 840A y al extremo de la bomba de aceite sumergible 880 mediante roscado, sujetadores, otras piezas de conexión (no mostradas) o una combinación de cualquiera de esos métodos. El estator 860 puede tener bobinas electromagnéticas 862 enrolladas radialmente alrededor de un núcleo de estator 864. El núcleo del estator 864 puede estar ranurado o no ranurado. Las bobinas electromagnéticas 862 pueden estar enrolladas con forma de toroide parcial recto o con forma de toroide parcial angular. El terminal de transferencia de alimentación 960 puede incluir dos, tres o más conectores de caja extraíbles 964 conectados a conductores de

alimentación 966 que terminan en conectores de pasadores extraíbles 962. Se pueden conectar dos, tres o más cables conductores del estator 968 a los conductores de alimentación 966. Los cables conductores del estator 968 se enrutan a través del estator 860 para proporcionar energía y voltaje a las bobinas electromagnéticas 862. Los conductores de alimentación 966 y los cables conductores del estator 968 pueden configurarse para conectar el estator 860 en serie con el estator 840A y cualquier otro estator que pueda estar conectado. Los conductores de alimentación 966 y los cables conductores del estator 968 pueden configurarse para conectar el estator 860 en paralelo con el estator 840A y cualquier otro estator que pueda estar conectado. Los conductores de alimentación 966 y los cables conductores del estator 968 pueden configurarse para conectar el estator 860 en una configuración híbrida en serie-paralelo con el estator 840A y cualquier otro estator que pueda estar conectado. Los conductores de alimentación 966 y los cables conductores del estator 968 pueden configurarse con una ubicación direccionable que el controlador 60 pueda controlar individualmente. El controlador 60 puede encender o apagar selectivamente el estator según las entradas y los estados de la matriz de sensores 70.

[00104] Se puede conectar un rotor 870 al rotor 830A en el cubo del rotor 838A. El rotor 870 puede tener imanes permanentes 874 montados en la superficie o montados en el interior del disco del rotor 872. El eje giratorio 876 puede estar conectado al disco de rotor 872 o puede ser una construcción unitaria. El eje giratorio 876 está conectado al disco de rotor 832A en el cubo del rotor 838A mediante una conexión roscada, sujetadores, otras piezas de conexión (no mostradas) o una combinación de métodos.

[00105] El extremo de la bomba de aceite sumergible 880 puede conectarse al extremo inferior del estator 860. La bomba de aceite puede describir una bomba formada por un rodete y un difusor, sin embargo, se puede utilizar cualquier tipo de método de bombeo rotativo: bomba de engranajes externos, bomba de engranajes internos, bomba de lóbulos, bomba de paletas deslizantes, bomba de tornillo simple, bomba de tornillo doble, bomba centrífuga de etapa única o bomba centrífuga de múltiples etapas, o cualquier tipo de bomba similar. El eje de la bomba de aceite 888 se puede conectar al disco de rotor 872 en el cubo del disco del rotor 878 mediante roscas, sujetadores, piezas de conexión (no mostradas) o una combinación de métodos. El terminal de transferencia de alimentación 980 puede incluir dos, tres o más conectores de caja extraíbles 984 que terminan o pueden conectarse a conductores de alimentación (no mostrados) que se utilizan para alimentar equipos adicionales no mostrados; por ejemplo, una bomba de aceite adicional.

[00106] El extremo de la bomba de aceite sumergible 880 hace circular el aceite a través del motor de flujo axial 800 para lubricar y transferir el calor lejos de los cojinetes internos. Los cojinetes del eje giratorio 887 pueden configurarse para soportar los rotores, reducir la vibración y distribuir la carga radial y axial. Los cojinetes del eje giratorio 887 pueden ser cojinetes de película fluida, rodamientos u otros tipos de cojinetes tales como cojinetes de deslizamiento giratorios, bujes, rodamientos de bola, de rodillos, de rodillos esféricos, de rodillos cónicos, o de agujas. Los cojinetes del eje giratorio 887 pueden estar dentro de un ensamblaje abierto que permite que el fluido lubricante fluya o de un ensamblaje cerrado con una estructura sellada. Los cojinetes del eje giratorio 887 pueden ser de cualquiera de las configuraciones listadas o de una combinación de estas. Los cojinetes del eje giratorio 447 pueden ser bronce, de aleación de acero, aleación de níquel, cerámica, grafito, materiales compuestos, o cualquier combinación de estos.

[00107] Si bien los cojinetes del eje giratorio 491 se muestran en una ubicación, los cojinetes del cigüeñal giratorio 491 pueden colocarse en múltiples ubicaciones dentro del motor de flujo axial 800. Los cojinetes del eje giratorio 491 pueden colocarse entre el rotor delantero 450 y el rotor trasero 470. El cojinete del eje giratorio 491 puede colocarse junto a la superficie delantera y la superficie trasera de cada rotor. Cada uno de los cojinetes del eje giratorio 491 colocados en el motor de flujo axial 800 puede ser del mismo tipo de cojinete o puede ser de múltiples tipos de cojinetes.

[00108] Se puede conectar un intercambiador de calor 895 al extremo de la bomba de aceite sumergible 880. En una forma de realización, el intercambiador de calor 895 puede ser un ensamblaje de refrigeración mostrado en la Figura 7D. En una forma de realización, el intercambiador de calor 895 puede ser un depósito de aceite 734 mostrado en la Figura 7D. En una forma de realización, el intercambiador de calor 895 puede ser canales de aceite con una carcasa exterior mostrada en la Figura 7C.

[00109] Un método para modificar la capacidad de par de torsión para un motor de flujo axial 800 unido a un ensamblaje de bomba se puede realizar de la siguiente manera. Se puede drenar el aceite del extremo de la bomba de aceite sumergible y retirarlo. Un rotor puede desacoplarse de un rotor de acoplamiento y retirarse. Un estator puede desacoplarse de un estator de acoplamiento y retirarse. El desacoplamiento del estator también desconecta las conexiones de alimentación eléctrica al desconectar los conectores de pasadores extraíbles de los conectores de caja extraíbles. Múltiples pares de rotor y estator se pueden desacoplar y retirar del motor de flujo axial 800 que se puede unir a un ensamblaje de bomba.

[00110] La capacidad de par de torsión magnético puede reducirse al retirar uno o más pares de rotor y estator y al volver a ensamblar el rotor y los estatores restantes al motor de flujo axial 800.

[00111] La capacidad de par de torsión puede aumentarse al agregar uno o más pares de rotor y estator y al volver a ensamblar el rotor y los estatores desensamblados al motor de flujo axial 800.

[00112] La capacidad de par de torsión de una forma de realización del motor de flujo axial 800 puede incrementarse al desacoplar el estator 840A y el estator 860 al desenroscar, quitar los sujetadores, quitar el *hardware* de acoplamiento (no mostrado) o una combinación de métodos. El rotor 870 se puede desacoplar del rotor 830A al desenroscar, quitar los sujetadores, quitar el *hardware* de acoplamiento (no mostrado) del eje giratorio 876 y el cubo de rotor 838A.

[00113] Se puede agregar un ensamblaje de estator 840B y rotor 830B al motor de flujo axial 800. El estator 840B se puede acoplar al estator 840A. Se puede acoplar el rotor 830B al rotor 830A en el cubo de rotor 838A. El estator 860 se puede acoplar al estator 840B. Se puede acoplar el rotor 870 al rotor 830B en el cubo de rotor 838B. El extremo de la bomba de aceite sumergible 880 se puede conectar al estator 860. El eje de la bomba de aceite 888 se puede conectar al cubo del disco de rotor 878.

[00114] La capacidad de par de torsión de una forma de realización del motor de flujo axial 800 puede reducirse al utilizar el mismo método, pero al eliminar un estator y un rotor en lugar de agregar un estator y un rotor.

[00115] Las configuraciones de motor de flujo axial que se muestran en las Figuras 7A-D y la Figura 8 pueden usarse para el motor de flujo axial 50 mostrado en la Figura 1.

[00116] Las configuraciones de rotor y estator que se muestran en la Figura 2, la Figura 3, la Figura 4, la Figura 5 y la Figura 6 pueden usarse dentro de la carcasa del motor de flujo axial mostrado en las Figuras 7A-D y la Figura 8.

[00117] En un aspecto, se divulga en la presente un sistema de bomba sumergible electrónica (ESP), que comprende un motor de flujo axial (por ejemplo y sin limitación, un motor de flujo axial modular que comprende una pluralidad de ensamblajes/módulos de rotores y estatores, por ejemplo, como se muestra en la Figura 8); un sello acoplado al motor de flujo axial; y una bomba acoplada al sello. El sistema de ESP puede comprender además una bomba, una entrada de bomba acoplada a la bomba y una salida de bomba acoplada a la bomba. En un aspecto, uno o más componentes del sello (incluido, entre otros, un cojinete de empuje) y el motor de flujo axial se combinan dentro

de una carcasa común, por ejemplo, para formar un motor de flujo axial sellado. En un aspecto, el sistema de ESP está configurado para un entorno operativo de alta temperatura, por ejemplo, una alta temperatura de fondo de pozo (BHT) en un pozo productor de hidrocarburos, tal como en un rango de alrededor de 200 °F a alrededor de 500 °F, alternativamente de alrededor de 300 °F a alrededor de 500 °F, o alternativamente de alrededor de 400 °F a alrededor de 500 °F.

[00118] En un aspecto, se divulga en la presente un sistema de ESP sumergible, que comprende un ensamblaje de motor de flujo axial sumergible que comprende uno o más módulos (por ejemplo, un ensamblaje de rotores y estatores como se muestra en la Figura 8) de un motor modular de flujo axial; un sello acoplado al motor de flujo axial sumergible que tiene una conexión giratoria de los ejes; una entrada de bomba acoplada al sello que tiene conexión giratoria de los ejes; una entrada de bomba acoplada a la bomba que tiene conexión giratoria de los ejes; y una salida de bomba acoplada a la bomba. En un aspecto, uno o más componentes del sello (incluido, entre otros, un cojinete de empuje) y el motor de flujo axial se combinan dentro de una carcasa común, por ejemplo, para formar un motor de flujo axial sellado. En un aspecto, el sistema de ESP está configurado para un entorno operativo de alta temperatura, por ejemplo, una alta temperatura de fondo de pozo (BHT) en un pozo productor de hidrocarburos, tal como en un rango de alrededor de 200 °F a alrededor de 500 °F, alternativamente de alrededor de 300 °F a alrededor de 500 °F, o alternativamente de alrededor de 400 °F a alrededor de 500 °F.

DIVULGACIÓN ADICIONAL

[00119] Lo siguiente se proporciona como divulgación adicional para las combinaciones de características y aspectos de la presente invención.

[00120] Una primera forma de realización, que es un sistema de bomba eléctrica sumergible (ESP), que comprende un ensamblaje de motor de flujo axial sumergible que comprende dos o más módulos de motor de un motor de flujo axial acoplados entre sí, en donde cada módulo de motor incluye al menos un estator y un rotor que tiene un eje giratorio, y los ejes giratorios de los dos o más módulos están acoplados giratoriamente entre sí y en donde cada estator incluye una pluralidad de bobinas de estator direccionables conectadas mediante cables conductores a un terminal de transferencia de energía, un controlador que proporciona alimentación y comunicación a cada estator a través de un cable de alimentación conectado al terminal de transferencia de energía, una sección de sellado acoplada herméticamente con el ensamblaje de motor de flujo axial y acoplada al eje giratorio de un módulo de terminal del ensamblaje de motor de

flujo axial, y una bomba acoplada a la sección de sellado y conectada giratoriamente al eje giratorio.

[00121] Una segunda forma de realización, que es el sistema de ESP de acuerdo con la primera forma de realización, en donde el controlador se comunica con las bobinas de estator direccionables para reducir o apagar la alimentación a uno o más estatores en respuesta a las condiciones operativas de fondo de pozo o las direcciones del usuario, por lo que se reduce un par de torsión aplicado a la bomba.

[00122] Una tercera forma de realización, que es el sistema de ESP de acuerdo con la primera o la segunda forma de realización, en donde el controlador se comunica con las bobinas de estator direccionables para reducir o apagar la alimentación a una o más bobinas de estator en respuesta a las condiciones operativas de fondo de pozo o las direcciones del usuario, por lo que se reduce el par de torsión aplicado a la bomba.

[00123] Una cuarta forma de realización, que es el sistema de ESP de acuerdo con cualquiera de las formas de realización primera a tercera, que comprende además una matriz de sensores conectada al ensamblaje de motor de flujo axial, en donde la matriz de sensores mide cualquiera de una condición de entrada de bomba, una condición de descarga de bomba, una condición ambiental, una condición de motor o cualquier combinación de estas.

[00124] Una quinta forma de realización, que es el sistema de ESP de acuerdo con la cuarta forma de realización, en donde el controlador aumenta o disminuye la alimentación a uno o más estatores en respuesta a los datos detectados por la matriz de sensores.

[00125] Una sexta forma de realización, que es el sistema de ESP de acuerdo con cualquiera de las formas de realización primera a quinta, en donde el ensamblaje de motor de flujo axial sumergible y el sello están dispuestos dentro de una carcasa común.

[00126] Una séptima forma de realización, que es el sistema de ESP de acuerdo con cualquiera de las formas de realización primera a sexta, en donde la bomba es cualquier tipo de dispositivo de movimiento de fluidos que incluye, entre otros, bomba centrífuga, bomba de engranajes, bomba de tornillo, bomba de tornillo doble o bomba de cavidad progresiva.

[00127] Una octava forma de realización, que es el sistema de ESP, que comprende un ensamblaje de motor modular de flujo axial sumergible que comprende dos o más módulos de motor de un motor de flujo axial acoplados entre sí, en donde cada módulo de motor incluye al menos un estator y un rotor que tiene un eje giratorio, y los ejes giratorios de los dos o más módulos están acoplados giratoriamente entre sí y en donde

cada estator incluye una pluralidad de bobinas de estator direccionables conectadas mediante cables conductores a un terminal de transferencia de energía, una matriz de sensores acoplada al ensamblaje de motor modular de flujo axial, en donde la matriz de sensores mide una o más de una condición de entrada de bomba, una condición de descarga de bomba, una condición ambiental, una condición de motor o cualquiera combinación de estas, y un controlador de superficie acoplado eléctricamente al ensamblaje de motor modular de flujo axial a través de un cable de alimentación conectado a un terminal de cable de alimentación del ensamblaje de motor modular de flujo axial.

[00128] Una novena forma de realización, que es el sistema de ESP de acuerdo con la octava forma de realización, en donde la matriz de sensores comunica los datos detectados al controlador a través del cable de alimentación, un cable de datos o una combinación de estos, y en donde el controlador se comunica con las bobinas de estator direccionables para reducir o apagar la alimentación a una o más bobinas de estator direccionables en respuesta a los datos detectados por la matriz de sensores.

[00129] Una décima forma de realización, que es el sistema de ESP de acuerdo con la novena forma de realización, en donde los datos detectados comprenden cualquier parámetro de instrumento de motor medible, propiedades de bomba y fluido/pozo, que incluyen, entre otras i) una condición ambiental de fondo de pozo, tal como temperatura y/o presión, ii) parámetros eléctricos, tales como corrientes, voltajes, resistencias de la fase de motor, una falla en la bobina de estator, iii) una obstrucción en la entrada de la bomba, iv) una obstrucción en la descarga de la bomba, v) cualquier propiedad de fluido de pozo, tales como viscosidad, densidad, condición de fase de fluido y/o contenido de sólidos o vi) cualquier combinación de i) a v).

[00130] Una undécima forma de realización, que es el sistema de ESP de acuerdo con cualquiera de las formas de realización octava a décima, que comprende además un primer y un segundo módulo de motor acoplados entre sí con una primera carcasa conectada a una segunda carcasa, un primer eje giratorio de un primer rotor acoplado de manera extraíble a un segundo eje giratorio de un segundo rotor, y un primer conector eléctrico extraíble de un primer estator conectado de manera extraíble a un segundo conector eléctrico extraíble de un segundo estator, y en donde el primer y segundo estatores incluyen cada uno bobinas de estator direccionables.

[00131] Una duodécima forma de realización, que es el sistema de ESP de acuerdo con la undécima forma de realización, en donde el controlador de superficie reduce o apaga la alimentación al estator en el segundo módulo de motor.

[00132] Una decimotercera forma de realización, que es el sistema de ESP de acuerdo con la duodécima forma de realización, en donde el controlador de superficie se ajusta a un parámetro de superficie, tal como un cambio en el cambio de densidad de fluido de pozo debido a un escape de gas, un escape de agua, un cambio en la viscosidad para cambiar (por ejemplo, disminuir) una cantidad de par de torsión aplicado al eje giratorio.

[00133] Una decimocuarta forma de realización, que es un sistema de ESP, que comprende un ensamblaje de motor modular de flujo axial sumergible que comprende dos o más módulos de motor de un motor de flujo axial acoplados entre sí, en donde cada módulo de motor incluye al menos un estator y un rotor que tiene un eje giratorio, y los ejes giratorios de los dos o más módulos están acoplados giratoriamente entre sí y en donde cada estator incluye una pluralidad de bobinas de estator direccionables conectadas mediante cables conductores a un terminal de transferencia de energía, una matriz de sensores acoplada al ensamblaje de motor modular de flujo axial, en donde la matriz de sensores mide una o más de una condición de entrada de bomba, una condición de descarga de bomba, una condición ambiental, una condición de motor o cualquiera combinación de estas, y un codificador giratorio conectado de manera comunicativa con la matriz de sensores y que proporciona datos sobre el eje giratorio, en donde los datos incluyen cualquier combinación de posición giratoria, velocidad o distancia angular.

[00134] Una decimoquinta forma de realización, que es el sistema de ESP de acuerdo con la decimocuarta forma de realización, que comprende además un controlador de superficie acoplado de manera eléctrica al ensamblaje de motor modular de flujo axial mediante un cable de alimentación conectado a un terminal de cable de alimentación del ensamblaje de motor modular de flujo axial, en donde la matriz de sensores comunica datos detectados al controlador a través del cable de alimentación, el cable de datos o una combinación de estos.

[00135] Una decimosexta forma de realización, que es el sistema de ESP de acuerdo con la decimoquinta forma de realización, en donde el controlador se comunica con las bobinas de estator direccionables para reducir o apagar la alimentación a una o más bobinas de estator direccionables en respuesta a la retroalimentación de cualquier combinación de datos del codificador giratorio, la matriz de sensores o las direcciones del usuario.

[00136] Una decimoséptima forma de realización, que es el sistema de ESP de acuerdo con la decimosexta forma de realización, en donde el controlador de superficie

se ajusta a un parámetro de superficie, tal como un cambio en el cambio de densidad de fluido de pozo debido a un escape de gas, un escape de agua, un cambio en la viscosidad para cambiar (por ejemplo, disminuir) una cantidad de par de torsión aplicado al eje giratorio.

[00137] Una decimoctava forma de realización, que es el sistema de ESP de acuerdo con cualquiera de las formas de realización decimoquinta a decimoséptima, en donde los datos detectados comprenden cualquier parámetro de instrumento de motor medible, propiedades de bomba y fluido/pozo, que incluyen, entre otras i) una condición ambiental de fondo de pozo, tal como temperatura y/o presión, ii) parámetros eléctricos, tales como corrientes, voltajes, resistencias de la fase de motor, una falla en la bobina de estator, iii) una obstrucción en la entrada de la bomba, iv) una obstrucción en la descarga de la bomba, v) cualquier propiedad de fluido de pozo, tales como viscosidad, densidad, condición de fase de fluido y/o contenido de sólidos o vi) cualquier combinación de i) a v).

[00138] Una decimonovena forma de realización, que es el sistema de ESP de acuerdo con la decimocuarta forma de realización, en donde el controlador se comunica con las bobinas de estator direccionables para aumentar la alimentación en una o más bobinas de estator direccionables en respuesta a la reducción o el apagado de la alimentación a una o más bobinas de estator direccionables.

[00139] Una vigésima forma de realización, que es el sistema de ESP de acuerdo con la decimonovena forma de realización, en donde el controlador de superficie se ajusta a un parámetro de superficie, tal como un cambio en el cambio de densidad de fluido de pozo debido a un escape de gas, un escape de agua, un cambio en la viscosidad para cambiar (por ejemplo, aumentar o disminuir) o mantener constante una cantidad de par de torsión aplicado al eje giratorio.

[00140] Si bien se han proporcionado varias formas de realización en la presente divulgación, debe entenderse que los sistemas y métodos divulgados pueden realizarse en muchas otras formas específicas sin apartarse del espíritu o alcance de la presente divulgación. Los presentes ejemplos deben considerarse ilustrativos y no restrictivos, y la intención no se limita a los detalles que se dan en la presente. Por ejemplo, los diversos elementos o componentes pueden combinarse o integrarse en otro sistema o pueden omitirse o no implementarse ciertas características.

[00141] Además, las técnicas, sistemas, subsistemas y métodos descritos e ilustrados en las diversas formas de realización como discretos o separados pueden combinarse o integrarse con otros sistemas, módulos, técnicas o métodos sin apartarse

del alcance de la presente divulgación. Otros elementos que se muestran o se analizan como acoplados directamente o en comunicación directa entre sí pueden estar acoplados indirectamente o en comunicación indirecta a través de alguna interfaz, dispositivo o componente intermedio, ya sea de manera eléctrica, mecánica o de otro tipo. Una persona del oficio de nivel medio puede determinar otros ejemplos de cambios, sustituciones y alteraciones y los puede hacer sin apartarse del espíritu y alcance divulgados en la presente.