

APARATO Y MÉTODO DE ALINEACIÓN ROTACIONAL DE MOTORES DE IMANES

PERMANENTES EN TÁNDEM PARA BOMBA SUMERGIBLE ELÉCTRICA

CAMPO DE LA DESCRIPCIÓN

Esta descripción se relaciona con bombas de pozo sumergibles eléctricas (ESP, por sus siglas en inglés) y, en particular, con motores de imanes permanentes en tándem de ESP con los imanes de polo en un motor en tándem inferior alineados axialmente con los imanes de polo en un motor en tándem superior.

ANTECEDENTES

Las ESP se usan frecuentemente para bombear el fluido de pozo desde los pozos de hidrocarburos. Un tipo común de motor para una ESP es un motor eléctrico de inducción que tiene devanados de estator que rodean un rotor montado a un vástago de accionamiento. El rotor está compuesto de un número de secciones de rotor separadas entre sí por cojinetes del motor. Cada sección del rotor tiene una pila de laminaciones de acero con varillas de cobre que se extienden a través de estas. Una disposición de ranura de llave y de chaveta acopla

cada sección del rotor al vástago para rotación. La energía trifásica aplicada a los devanados de estator induce la rotación del rotor y del vástago.

Un motor eléctrico de inducción de ESP puede tener una longitud de hasta aproximadamente 30 pies. Para aumentar la potencia general, los motores eléctricos de inducción se montan comúnmente en tándem. El extremo inferior de un motor en tándem superior se conecta eléctricamente al extremo superior de un motor en tándem inferior. Un cable de alimentación que conduce desde la superficie del pozo al motor en tándem superior envía corriente alterna trifásica a través de los devanados del estator de motor en tándem superior y los devanados del estator de motor en tándem inferior en serie. El vástago de accionamiento del motor en tándem superior tiene un extremo estriado inferior que se conecta al extremo estriado superior del motor en tándem inferior con un acoplamiento internamente estriado.

Otro tipo de motor de ESP tiene imanes permanentes en las secciones de rotor en lugar de varillas de cobre. Cada imán permanente está compuesto, típicamente, de una pila de imanes individuales en una columna montada dentro de una ranura en la pila de laminaciones de acero. Cada imán permanente proporciona un polo del motor, que puede tener cuatro o un número diferente de polos. La disposición de

llave y de ranura de cada sección del rotor alinea axialmente los imanes de polo de cada sección del rotor con los imanes de polo en las otras secciones de rotor.

Los motores de ESP magnéticos permanentes no se han operado en tándem. Una razón es que para la operación apropiada, los imanes de polo de un motor inferior tándem necesitarían alinearse de manera rotacional con los imanes de polo del motor en tándem superior. Los rotores de motores de ESP, ya sean imanes de inducción o permanentes, se encierran en un alojamiento y no son visibles. No poder ver las secciones de rotor no es preocupación para los técnicos que conectan los motores de ESP eléctricos de inducción en tándem porque las varillas de cobre en cada rotor no necesitan alinearse de manera rotacional entre sí.

SUMARIO

Una unidad de bomba eléctrica sumergible para pozos tiene un primer y segundo motores, cada uno tiene un alojamiento. El primer y segundo motores tienen un primer y segundo vástagos de accionamiento, respectivamente. Cada primer y segundo motores tiene una pluralidad de secciones de rotor y un chavetero de rotor entre cada una de las secciones de rotor y el vástago de cada uno de los motores, que definen los polos

magnéticos. Cada una de las secciones de rotor tiene una pluralidad de imanes permanentes separados circunferencialmente. El segundo vástago de accionamiento tiene un extremo estriado con estrías externas. Un acoplamiento conectado con el primer vástago de accionamiento para la rotación en forma conjunta tiene estrías internas que acoplan las estrías externas para hacer que el primer y segundo vástagos de accionamiento roten de manera conjunta. Un conector de alojamiento conecta los alojamientos del primer y segundo motores. El conector tiene un orificio con el acoplamiento ubicado en este. El medio de alineación alinea de manera rotacional los polos magnéticos del primer vástago de accionamiento con los polos magnéticos del segundo vástago de accionamiento antes de asegurar los alojamientos del primer y segundo motores juntos.

En una modalidad, el medio de alineación comprende una irregularidad del acoplamiento en las estrías internas que está en una orientación controlada en relación con el chavetero de rotor del primer vástago. Una irregularidad del vástago en las estrías externas del segundo vástago evita que el segundo vástago de accionamiento se acople completamente al acoplamiento a menos que la irregularidad del vástago está en una posición de rotación especificada en relación con la irregularidad del acoplamiento. La irregularidad del vástago

está en una orientación controlada en relación con el chavetero de rotor del segundo vástago.

En una modalidad, la irregularidad del acoplamiento comprende una separación de irregularidad entre dos de las estrías internas que difiere de una separación uniforme entre las unas restantes de las estrías internas. La irregularidad del vástago comprende una separación de irregularidad entre dos de las estrías externas que tiene un mismo ancho que la separación de irregularidad. Las unas restantes de las estrías externas tienen una separación uniforme entre ellas.

En una segunda modalidad, el medio de alineación comprende un chavetero de acoplamiento en el acoplamiento que está en una orientación controlada en relación con el chavetero de rotor del primer vástago. Un chavetero de extremo estriado del segundo vástago entre las estrías externas está en una orientación controlada en relación con el chavetero de rotor del segundo vástago. Una llave de acoplamiento se inserta dentro del chavetero de acoplamiento y el chavetero de extremo estriado del segundo vástago.

En una tercera modalidad, el medio de alineación comprende una marca distintiva de acoplamiento en un exterior del acoplamiento que está en una orientación controlada en relación con el chavetero de rotor del primer vástago. Una marca distintiva del vástago en un exterior del extremo

estriado del segundo vástago está en una orientación controlada en relación con el chavetero de rotor del segundo vástago.

En una cuarta modalidad, el medio de alineación comprende una protuberancia en un exterior del segundo vástago adyacente al extremo estriado del segundo vástago. La protuberancia está en una orientación controlada en relación con el chavetero de rotor del segundo vástago. Una ranura de orientación en el segundo extremo del acoplamiento tiene dos bordes orientados entre sí y a las curvas desde una dimensión más amplia circunferencialmente en una entrada a una porción de ranura guía. La porción de ranura guía está en una orientación controlada en relación con el chavetero de rotor del primer vástago. La protuberancia tiene un ancho para encerrar la recepción dentro de la porción de ranura guía. Mover el vástago estriado del segundo vástago hacia el primer motor hace que la protuberancia entre en la ranura de orientación, que rota el segundo vástago hasta que la protuberancia entra en la porción de ranura guía.

En la cuarta modalidad, las estrías internas en el acoplamiento se ubican axialmente entre la porción de ranura guía y el primer vástago, de manera que las estrías externas acoplan las estrías internas solo después de que la protuberancia entra en la porción de ranura guía.

En la cuarta modalidad, la protuberancia puede comprender un par de miembros guía en un exterior del segundo vástago adyacente al extremo estriado del segundo vástago y separado 180 grados entre sí en relación con un eje del segundo vástago, cada uno de los miembros guía está en una orientación controlada en relación con el chavetero de rotor del segundo vástago. La ranura de orientación comprende un par de ranuras de orientación en el segundo extremo del acoplamiento, cada una de las ranuras de orientación tiene dos bordes orientados entre sí y curvados desde una dimensión más amplia circunferencialmente en una entrada a una porción de ranura guía lineal. La porción de ranura guía está en una orientación controlada en relación con el chavetero de rotor del primer vástago. Mover el extremo del vástago estriado del segundo vástago hacia el primer motor hace que los miembros guía entren en contacto y se deslicen a lo largo de los bordes de las ranuras de orientación, que rotan el segundo vástago hasta que los miembros guía entren en las porciones de ranura guía.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

La Figura 1 es una vista en sección esquemática de una ESP con motores en tándem magnéticos permanentes conectados de acuerdo con esta descripción.

La Figura 2 es una vista en sección esquemática, parcial axial de una porción del motor superior de la Figura 1.

La Figura 3 es una vista en sección transversal del motor de la Figura 2, tomada a lo largo de la línea 3 - 3 de la Figura 2 y con el alojamiento retirado.

La Figura 4 es una vista en sección axial de la conexión entre los motores en tándem de la Figura 1.

La Figura 5 es una vista en sección transversal del acoplamiento y los extremos de vástago estriados de la conexión de la Figura 4, tomada a lo largo de la línea 5 - 5 de la Figura 4 y mostrada retirada de la conexión, que ilustra una técnica para alinear de manera rotacional los imanes de polo de los motores.

La Figura 6 es una vista en sección esquemática y axial de los extremos de vástago estriados y un acoplamiento que ilustra una segunda técnica para alinear de manera rotacional los imanes de polo de los motores.

La Figura 7 es una vista en sección transversal de los extremos de vástago estriados y un acoplamiento de la Figura 6, tomada a lo largo de la línea 7- 7 de la Figura 6.

La Figura 8 es una vista en despiece de los vástagos de motores en tándem y el acoplamiento conector, e ilustra una tercera técnica para alinear de manera rotacional los imanes de polo de los motores.

La Figura 9 es una vista isométrica de una porción de los vástagos de motores en tándem y el acoplamiento conector, e ilustra una cuarta técnica para alinear de manera rotacional los imanes de polo de los motores.

La Figura 10 es una vista en sección transversal de los miembros guía del vástago inferior de la Figura 9 insertados en contacto con las ranuras de orientación del acoplamiento conector de la Figura 8, pero no rotados aún en alineación con las ranuras guía.

Si bien la descripción se describirá en relación con una modalidad preferida, se entenderá que no pretende limitar la descripción a esa modalidad. Por el contrario, se pretende cubrir todas las alternativas, modificaciones y equivalentes, que puedan incluirse dentro del alcance de las reivindicaciones.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

El método y sistema de la presente invención se describirá ahora más completamente de aquí en adelante con referencia a las figuras adjuntas en las que se muestran las modalidades. El método y sistema de la presente descripción pueden tener muchas formas diferentes y no deberán interpretarse como limitados a las modalidades ilustradas que se exponen en la presente descripción; más bien, estas modalidades se proporcionan de manera que esta descripción será total y completa, y transmitirá completamente su alcance a los expertos en la técnica. Los números similares se refieren a elementos similares en toda la descripción. En una modalidad, el uso del término "aproximadamente" incluye +/- 5 % de la magnitud mencionada. En una modalidad, el uso del término "sustancialmente" incluye +/- 5 % de la magnitud mencionada.

Se entenderá, además, que el alcance de la presente descripción no se limita a los detalles exactos de construcción, operación, materiales exactos, o modalidades mostradas y descritas, puesto que modificaciones y equivalentes serán evidentes para un experto en la técnica. En las figuras y la especificación, se han descrito modalidades ilustrativas y, aunque se emplean términos específicos, estos se usan en un

sentido genérico y descriptivo solamente y no con el propósito de limitación.

Con referencia a la Figura 1, un pozo tiene un revestimiento 13 que se perfora o tiene otras aberturas para admitir el fluido de pozo. Se ilustra una unidad de bomba eléctrica sumergible o ESP 15 que se soporta en la tubería de producción 17 que se extiende hacia el pozo. Alternativamente, ESP 15 podría estar soportada por otra estructura, tal como una tubería continua. Los términos “superior”, “inferior” y lo similar se usan solo en la presente descripción por conveniencia, porque la ESP 15 puede operarse en secciones inclinadas u horizontales de un pozo. La ESP 15 tiene varios módulos, que incluyen un motor en tándem superior 19 y un motor en tándem inferior 20. El motor superior 19 podría considerarse como un primer motor y el motor inferior 20 un segundo motor, o viceversa. Podrían usarse más de dos motores en tándem.

Cada motor 19, 20 es un motor eléctrico magnético permanente trifásico. Un protector de motor o sección de sello 21 se conecta al motor superior 19 y tiene componentes, tales como una vejiga, para reducir un diferencial de presión entre el lubricante en los motores 19, 20 y la presión hidrostática del fluido de pozo en el exterior. El ecualizador de presión de la sección de sello 21 puede

montarse en un extremo superior del motor superior 19 o, alternativamente, en un extremo inferior del motor inferior 20.

Una bomba 25 se conecta a la sección de sello 21. La bomba 25 tiene una entrada de fluido de pozo 27 que estará en la base de la bomba 25. La bomba 25 es normalmente una bomba rotatoria, tal como una bomba centrífuga o de cavidad progresiva, pero podría ser una bomba reciprocante. Un separador de gas (no mostrado) podría ubicarse en la parte inferior de la bomba 25 y, de ser así, la entrada 27 estaría en el separador de gas. Las conexiones entre los módulos de ESP 15 se muestran como bridas atornilladas, pero podrían ser conexiones roscadas.

Un cable de alimentación 29 se extiende desde un cabezal de pozo (no mostrado) junto con la tubería 17 para suministrar energía a los motores 19, 20. Un cable de motor 33, que puede considerarse como una parte inferior del cable de alimentación 29, se conecta a un extremo inferior del cable de alimentación 29 mediante un empalme 35 en este ejemplo. El cable de motor 33 se extiende junto con la ESP 15 y tiene un conector eléctrico 37 en su extremo inferior que se asegura a un receptáculo en el extremo superior del motor superior 19. El empalme 35 se ilustra en el extremo

superior de la bomba 25, pero podría ser una distancia considerable por encima de la bomba 25.

La Figura 2 ilustra porciones interiores del motor superior 19, y estas porciones del motor inferior 20 pueden ser idénticas. El motor superior 19 tiene un alojamiento 39 que contiene un estator no rotatorio 41. El estator 41 es convencional, tiene una pila de discos o laminaciones de acero delgado 43. Los devanados 45 (mostrados en una de las ranuras en la Figura 3) se extienden a través de ranuras en las laminaciones 43. El estator 41 tiene un orificio central cilíndrico 47 con un eje longitudinal 49. Un vástago de accionamiento rotatorio 50 se extiende a través del orificio 47 en el eje 49 para accionar la bomba 25 (Figura 1).

Las secciones de rotor 51 se montan en el vástago 50 para hacer que el vástago 50 rote. Las secciones de rotor 51 se posicionan a lo largo de la longitud del vástago 50, que pueden ser de 30 pies o más, y se separan entre sí a una distancia corta. Las secciones de rotor 51 pueden ser de varias longitudes, tales como de 12 a 18 pulgadas. Los cojinetes radiales 53 se ubican entre los extremos adyacentes de las secciones de rotor 51. Los cojinetes 53 acoplan por fricción el diámetro interior del estator 41 para evitar su rotación.

Cada sección del rotor 51 tiene un número de imanes de polo permanentes 55 montados circunferencialmente alrededor del vástago 50. Los imanes de polo 55 se indican mediante líneas con puntos en la Figura 2, y pueden apilarse en segmentos para cada sección del rotor 51. Cada segmento tiene una matriz de imanes de polo 55 separados alrededor del vástago 50. En este ejemplo, existen cuatro segmentos 56a, 56b, 56c y 56d, cada segmento que contiene imanes de polo 55 que rodean el vástago 50. La matriz de cuatro segmentos 56a, 56b, 56c y 56d se extiende aproximadamente una longitud total de cada sección del rotor 51. Los extremos inferiores de los imanes de polo 55 en cada segmento 56a, 56b y 56c pueden colindar con los extremos superiores de los imanes de polo 55 en el siguiente segmento inferior. Existen al menos dos imanes de polo 55 en cada segmento 56a, 56b, 56c y 56d, y se separan de los imanes de polo adyacentes 55 mediante separadores no magnéticos 57 en este ejemplo. Los separadores 57 en cada segmento 56a, 56b, 56c y 56d pueden tener la misma dimensión axial que los imanes de polo 55 en el mismo segmento.

Con referencia a la Figura 3, en este ejemplo, existen cuatro imanes de polo 55 en cada segmento 56a, 56b, 56c y 56d, pero son factibles otros números, tales como dos, ocho u otros números. También existen cuatro separadores 57

en cada segmento 56a, 56b, 56c y 56d, cada uno ubicado entre dos imanes de polo adyacentes 55. En este ejemplo, los imanes de polo 55 y separadores 57 se montan en la superficie exterior de un manguito interior 59 que coincide con o se fija al vástago 50 para rotar el vástago 50. Los imanes de polo 55 y los separadores 57 pueden acoplarse al manguito interior 59 de varias maneras, tales como mediante epoxi o un adhesivo. Opcionalmente, un manguito exterior protector 61 encierra la matriz de imanes 55, 57 y rota con cada sección del rotor 51. El vástago 50 y el manguito interior 59 son, normalmente, de un material magnéticamente permeable, tal como un acero. El manguito exterior 61 es no magnético y puede ser de materiales diferentes. Existe una brecha anular entre el manguito exterior 61 y el diámetro interior del estator 41.

Cada sección del rotor 51 se asegura al vástago 50 para rotar el vástago 50, típicamente mediante una llave 63 que engrana un chavetero o ranura de unión 65. El mismo chavetero 65 puede extenderse a lo largo del vástago 50 a través de todas las secciones de los rotores 51.

Con referencia a la Figura 4, el motor inferior 20 tiene un adaptador de estator 67 que se asegura al alojamiento del motor (no mostrado) y puede considerarse como una parte del alojamiento del motor inferior. Un vástago de

accionamiento rotatorio 69 se extiende a través del alojamiento del motor inferior. El motor inferior 20 tendrá secciones del estator y rotor con imanes de polo, no mostrados, pero iguales que el motor superior 19. Un chavetero del vástago inferior 71 se extiende a lo largo de una longitud del vástago inferior 69 para provocar la rotación del vástago inferior 69 mediante las secciones de rotor del motor inferior 20. En este ejemplo, el vástago superior 50 tiene un extremo estriado inferior 73 con estrías externas 75. Las estrías externas 75 se separan alrededor de la circunferencia del extremo estriado inferior 73. Un acoplamiento tubular 77 tiene estrías internas 79 que se deslizan axialmente sobre y se engranan con estrías externas 75.

En esta modalidad, la matriz de estrías externas 75 tiene una irregularidad 81 formada en esta que está en una orientación controlada en relación con el chavetero del vástago superior 65 y, por lo tanto, los imanes de polo 55 (Figura 3). La orientación controlada puede consistir en alinear axialmente la irregularidad 81 con el chavetero 65, como se muestra. El chavetero 65 está en una orientación conocida en relación con los imanes de polo 55 y, en este ejemplo, está en una línea radial que pasa a través de un

punto central de uno de los imanes de polo 55, como se muestra en la Figura 3.

El acoplamiento 77 tiene una irregularidad de unión 82 que recibirá de manera deslizable una irregularidad de estrías externas 81. Las irregularidades 81, 82 pueden ser una variedad de estructuras que evitan que las estrías externas 75 se deslicen en el acoplamiento con las estrías internas de acoplamiento 79, a menos que las irregularidades 81, 82 se alineen axialmente entre sí. En este ejemplo, la irregularidad del vástago superior 81 es un espacio o brecha entre dos estrías externas 75 donde existiría normalmente otra estría externa 75. La separación entre las estrías externas restantes 75 es uniforme y convencional. La irregularidad interna del acoplamiento 82 es similarmente un espacio o brecha donde existiría normalmente otra estría interna 79. La separación entre las estrías internas restantes 79 es convencional. El radio desde el eje 49 a la irregularidad interna del acoplamiento 82 es menor que el radio desde el eje 49 a las puntas de las estrías externas 75; por lo tanto, una de las estrías externas uniformes 75 no podría deslizarse en la irregularidad del acoplamiento 82.

El vástago inferior 69 tiene un extremo estriado superior 83 configurado igual que el extremo estriado inferior del vástago superior 73 en este ejemplo. Una

irregularidad del vástago inferior 87 también comprende un espacio o brecha entre dos estrías externas 85 del vástago inferior 69 donde existiría normalmente otra estria externa 85. La separación entre las estrías externas del vástago inferior restantes 85 es uniforme y convencional. El radio desde el eje 49 a la irregularidad interna del acoplamiento 82 es menor que el radio desde el eje 49 a las puntas de las estrías externas del vástago inferior 85, por lo tanto, una de las estrías externas del vástago inferior 85 no podría deslizarse en la irregularidad del acoplamiento 82. El acoplamiento 77 se deslizará sobre el extremo estriado superior del vástago inferior 83 solo si la irregularidad del vástago inferior 87 se alinea, axialmente, con la irregularidad del acoplamiento 82.

Las estrías internas del acoplamiento 79 pueden tener una longitud menor que las longitudes combinadas de las estrías externas del vástago superior 75 y las estrías externas del vástago inferior 85. Un resorte en espiral 91 puede usarse para impulsar el acoplamiento 77 hacia una posición central, como se muestra. Cuando el acoplamiento 77 está en acoplamiento tanto con el extremo estriado del vástago superior 73 como con el extremo estriado del vástago inferior 83, el chavetero del vástago superior 65 estará en alineación axial con el chavetero del vástago inferior 71. Los imanes de polo 55 (Figura 3)

estarán en la alineación apropiada con los imanes de polo del motor inferior 20.

Una unidad conectora 93 conecta el alojamiento del motor superior 39 (Figura 2) con el alojamiento del motor inferior. La unidad conectora 93 puede tener una variedad de tipos, que incluyen de tipos atornillados, como se muestra, o manguitos rotatorios roscados (no mostrados). En este ejemplo, la unidad conectora 93 incluye una base del motor superior 95 que se asegura a un adaptador del estator 98 de alojamiento del motor superior 39 con pernos 97. Alternativamente, la base del motor superior 95 podría tener roscas externas que acoplan las roscas internas en el alojamiento del motor superior 39. Tres alambres del motor superior 99 (solo se muestra uno) para las tres fases eléctricas de motores 19, 20 se extienden hacia abajo a través de los pasajes en la base del motor superior 95. Cada alambre del motor superior 99 tiene un conector eléctrico 101, que se ilustra esquemáticamente, en un extremo inferior. La base del motor superior 95 tiene un orificio axial 103 en el cual se ubica el acoplamiento 77.

La unidad conectora 93 también incluye un cabezal del motor inferior 105 que se asegura al adaptador del estator 67 de alojamiento del motor inferior con pernos 106. Alternativamente, el cabezal del motor inferior 105 podría

tener roscas externas que acoplan las roscas internas en el adaptador del estator de alojamiento del motor inferior 67. Los alambres del motor inferior 107 (solo se muestra uno), uno para cada fase, tienen conectores eléctricos 109 que se conectan eléctricamente con conectores eléctricos del motor superior 101. En este ejemplo, el cabezal del motor inferior 105 se asegura a la base del motor superior 95 con pernos 111.

Para conectar los motores 19, 20, el acoplamiento 77 se posicionará sobre uno de los vástagos 50, 69, tal como el extremo estriado del vástago superior 73, que requiere la irregularidad del acoplamiento 82 para alinearse axialmente con la irregularidad del vástago superior 81. El motor inferior 20 se posicionará en alineación con el motor superior 19. Antes de colindar el cabezal del motor inferior 105 con la base del motor superior 95, una porción inferior del acoplamiento 77 será visible. Los técnicos rotarán manualmente el vástago del motor inferior 69 hasta que la irregularidad del vástago del motor inferior 87 se alinea con la irregularidad del acoplamiento 82. Después, los técnicos deslizan los motores 19, 20 uno hacia el otro, lo que hace que el extremo estriado del eje inferior 83 se deslice en acoplamiento con las estrías internas 79 del acoplamiento 79. Los técnicos conectarán los alambres del motor 75, 107,

después, colindarán la base del motor superior 95 con el cabezal del motor inferior 105 y los conectarán junto con los pernos 111.

Después de ejecutar la ESP 15 en el pozo, se suministrará la energía CA trifásica a los devanados del estator 45 y los devanados en el motor inferior 20 a través de los alambres del motor 99, 107. Una unidad de velocidad variable en la superficie del pozo puede variar la frecuencia de la energía para el arranque y otras razones. La corriente en los devanados 45 resulta en un flujo magnético que se crea que gira alrededor del estator 41. El campo electromagnético giratorio interactúa con el flujo magnético de los imanes de polo 55, lo que hace que giren las secciones de rotor 51 y el vástago superior 50. Al mismo tiempo, la corriente en los devanados del motor inferior 20 resulta en un flujo magnético que se crea que gira alrededor del estator en el motor inferior 20, lo que hace que sus secciones de rotor y el vástago inferior 69 roten. Debido a la conexión de los vástagos superior e inferior 50, 69 con el acoplamiento 77, los vástagos rotan de manera conjunta. La irregularidad del acoplamiento 82 y las irregularidades del vástago 81, 87 aseguran que los imanes de polo 55 del motor superior 19 se alinean con los imanes de polo del motor inferior 20.

Como una alternativa, uno de los vástagos 50, 69 podría asegurarse permanentemente al acoplamiento 77, como por soldadura, en una orientación controlada con los imanes de polo. Por ejemplo, el acoplamiento 50 podría soldarse al vástago superior 50 durante la fabricación con el chavetero del vástago superior 65 alineado axialmente con la irregularidad del acoplamiento 82. Durante la conexión del motor inferior 20 con motor superior 19, el vástago inferior se rotaría manualmente para alinear la irregularidad del vástago inferior 87 con la irregularidad del acoplamiento 82 antes de la inserción.

Las Figuras 6 y 7 ilustran una segunda modalidad, y los componentes que son iguales o similares a los de la primera modalidad pueden tener los mismos números de referencia, excepto para el prefijo de un "2". El vástago del motor superior 250 y el eje del motor inferior 269 tienen estrías externas 275, 285 que se separan uniformemente sin irregularidades tales como las irregularidades 81, 87 (Figura 4). Las estrías internas de acoplamiento 279 se separan uniformemente sin una irregularidad tal como irregularidad 82 (Figura 5). Un chavetero de estrías del vástago superior 215 se forma entre dos de las estrías externas del vástago superior 275 en una orientación controlada en relación con los imanes de polo del motor superior 19 (Figura 4). Por

ejemplo, el chavetero de estrías del vástago superior 215 puede alinearse axialmente pero no unirse con el chavetero de sección del rotor del vástago superior 65 (Figura 4). El chavetero de estrías del vástago superior 215 se extiende a través de las estrías externas 275 al extremo inferior del extremo estriado del vástago superior 250. Similarmente, un chavetero de estrías del vástago inferior 217 en el vástago inferior 269 en una orientación controlada en relación con los imanes de polo del motor inferior 20 (Figura 4). El chavetero de estrías del vástago inferior 217 puede alinearse axialmente con pero no unirse al chavetero de sección del rotor del vástago inferior 71 (Figura 4).

El acoplamiento 277 tiene un chavetero de acoplamiento similar 219 que se extiende sustancialmente a la longitud total del acoplamiento 277. Una sola llave de acoplamiento 221 se extiende a través del chavetero de estrías del vástago superior de unión 215 y del chavetero de acoplamiento 219 y a través del chavetero de estrías del vástago inferior de unión 217 y del chavetero de acoplamiento 219. La llave 221 y los chaveteros 215, 217 y 219 aseguran que los imanes de polo de los motores superior e inferior 19, 20 se alinean cuando se conectan.

Los técnicos que conectan los motores 19, 20 en la técnica de la segunda modalidad, primero, deslizarán el

acoplamiento 277 sobre uno de los vástagos, tal como el vástago superior 250 con el chavetero de estrías del vástago superior 215 alineado con el chavetero de acoplamiento 219 y la llave 221 insertada. Los técnicos rotan manualmente el otro vástago, tal como el vástago inferior 269, hasta que el chavetero de estrías del vástago inferior 217 se alinea y recibe la llave 221. Puede evitarse el movimiento axial de la llave 221 una vez que los motores 19, 20 se conectan mediante extremos terminados de los chaveteros de estrías del vástago 215, 217.

Alternativamente, en lugar de tener una llave de acoplamiento que se extiende la longitud total de acoplamiento 277 para acoplar ambos vástagos 250, 269, un extremo del acoplamiento 277 podría acoplarse permanentemente a uno de los vástagos en una orientación controlada en relación con los imanes de polo de uno de los motores.

La Figura 8 ilustra una tercera modalidad, con los números de referencia de componentes similares a las primeras dos modalidades que son iguales excepto por el prefijo “3”. El vástago superior 350 tiene una marca distintiva 319 formada sobre este. La marca distintiva 319 podría ser algún tipo de marcado, tal como una flecha, o una protuberancia. La marca distintiva del vástago superior 319 está en una orientación controlada en relación con los imanes de polo 55 (Figura 3) del

vástago superior 350. Por ejemplo, puede estar en una alineación axial o lineal con el chavetero de sección del rotor del vástago superior 65 (Figura 4). La marca distintiva 319 se ilustra como que está adyacente y ligeramente encima del extremo estriado inferior del vástago superior 373, pero podría estar en otras ubicaciones, tales como en el extremo estriado inferior 373. Las estrías externas del vástago superior 375 pueden ser convencionales.

El vástago inferior 369 también tiene una marca distintiva 321 formada sobre este. La marca distintiva 321 podría ser algún tipo de marcado, tal como una flecha, o una protuberancia. La marca distintiva del vástago inferior 321 está en una orientación controlada en relación con los imanes de polo del vástago inferior 369. Por ejemplo, puede estar en una alineación axial o lineal con el chavetero de sección del rotor del vástago inferior 71 (Figura 4). La marca distintiva del vástago inferior 321 se ilustra como que está adyacente y ligeramente debajo del extremo estriado inferior del vástago inferior 383, pero podría estar en otras ubicaciones, tales como en el extremo estriado inferior 383. Las estrías externas del vástago inferior 385 pueden ser convencionales.

El acoplamiento 377 tiene una o más marcas distintivas 323 (se muestran dos) en su exterior y en una

posición es visible en el orificio conector 103 (Figura 3) antes de conectar los motores 19, 20. El acoplamiento 377 se insertará sobre un extremo del vástago, tal como el extremo estriado del vástago superior 373, con la marca distintiva de acoplamiento 323 alineada con la marca distintiva del vástago superior 319. Una vez que el acoplamiento 377 se ha insertado sobre el extremo estriado del vástago 373, es posible que la marca distintiva del vástago superior 319 no será más visible en el orificio conector 103 (Figura 4). Sin embargo, al menos una de las marcas distintivas de acoplamiento 323 será visible. Los técnicos rotarán el vástago inferior 369 hasta que la marca distintiva del vástago inferior 321 está en alineación axial o lineal con la marca distintiva de acoplamiento 323, que ya está alineada con la marca distintiva del vástago superior 319. Después, los técnicos introducen el extremo estriado del vástago inferior 383 en el acoplamiento de engrane con el acoplamiento 377 y aseguran los alojamientos del motor 39, 67 (Fig. 4) con el conector 93.

Alternativamente, en lugar de tener una marca distintiva en ambos vástagos 350, 369, un extremo del acoplamiento 277 podría acoplarse permanentemente a uno de los vástagos en una orientación controlada en relación con los imanes de polo de uno de los motores.

La Figura 9 y 10 ilustra una cuarta modalidad, con los números de referencia de componentes similares a las primeras tres modalidades que son iguales excepto por el prefijo "4". El acoplamiento 477 tiene un extremo, ilustrado para ser un extremo superior, conectado permanentemente al vástago superior 450 para la rotación en forma conjunta. El acoplamiento 477 tiene dos ranuras de orientación o leva 401a, 401b en su extremo inferior. Los centros de cada ranura de orientación 401a, 401b se separan 180 grados entre sí. Cada ranura de orientación 401a, 401b tiene bordes laterales 402 que están frente a frente y se curvan desde un ancho mayor en la entrada del extremo inferior del acoplamiento 477 uno hacia el otro.

Los bordes laterales 402 de cada ranura de orientación 401a, 401b unen una porción de ranura guía 403 de cada ranura de orientación 401a, 401b, que es lineal y se extiende hacia arriba a una distancia seleccionada. Los bordes laterales 402 son paralelos entre sí y paralelos con el eje 449 dentro de las porciones de ranura guía 403. Las porciones de ranura guía 403 de cada ranura de orientación 401a, 401b se separan 180 grados entre sí en relación con el eje 449. Cada porción de ranura guía 403 está en una orientación controlada en relación con un conjunto de imanes de polo 55 (Figura 3) del vástago superior 450. Por ejemplo,

una porción de ranura guía 403 puede estar en alineación axial con el chavetero de sección del rotor del vástago superior 465. La otra porción de ranura guía 403 está en alineación con un conjunto de imanes de polo 55 que son 180 grados desde el primer conjunto. Las dos ranuras de orientación 401a, 401b proporcionan una apariencia de una boca abierta de una ballena.

El acoplamiento 477 tiene un conjunto de estrías internas 479, que se muestran mediante líneas con puntos, pero no se extienden a las porciones de ranura guía 403. Las estrías internas 479 comienzan adyacentes al extremo inferior del vástago superior 450 y se extienden hacia abajo para una longitud aproximadamente igual a una longitud de la estría externa 485 en el vástago inferior 469.

El vástago inferior 469 tiene dos miembros guía 405 en su exterior debajo de las estrías externas 485. Los miembros guía 405 pueden comprender pasadores u otras protuberancias que se extienden una distancia corta radialmente hacia afuera desde la superficie exterior del vástago inferior 469. Los miembros guía 405 se separan 180 grados entre sí. Cada miembro guía 405 está en una orientación de rotación controlada en relación con un conjunto de imanes de polo del motor inferior 20. Por ejemplo, uno de los miembros guía 405 puede alinearse axialmente con el chavetero de sección del rotor del vástago

inferior 471. Cada miembro guía 405 se dimensiona para una recepción cercana dentro de una de las porciones de ranura guía de acoplamiento 403. La distancia axial desde cada miembro guía 405 al extremo superior de las estrías externas 485 es menor que la distancia axial desde los extremos inferiores de las porciones de ranura guía 403 a las estrías internas 479.

Una porción de ranura guía 403 está en una posición de rotación controlada en relación con un conjunto de imanes de polo 55 (Figura 3) en el vástago superior 450. La otra porción de ranura guía 403 está en una posición de rotación controlada en relación con un conjunto de imanes de polo 55 en el vástago superior 450 que están a 180 grados del primer conjunto.

Cuando los técnicos comienzan a mover el motor inferior 20 (Figura 4) hacia el motor superior 19, las estrías externas del vástago inferior 485 se deslizarán en el extremo abierto o la entrada del acoplamiento 477. Los miembros guía 405 estarán probablemente, inicialmente, fuera de alineación con las porciones de ranura guía 403. Como resultado, primero ellos entrarán en contacto con los bordes laterales de la ranura de contacto 402 de ambas ranuras de orientación 401a, 401b, como se ilustra en la Figura 10. El movimiento continuo del vástago inferior 469 hacia el vástago superior 450 hace que los miembros guía 405 se deslicen en

los bordes laterales 402 de cada ranura de orientación 401a, 401b, que rotan automáticamente el vástago inferior 469 debido a la acción de leva creada por las ranuras de orientación 401a, 401b. Cuando los miembros guía 405 primero entran en las porciones de ranura guía 403, la rotación se detendrá y el vástago inferior 469 estará orientado apropiadamente en relación con el vástago superior 450. Las estrías externas del vástago inferior 485 se alinearán con las estrías internas 479, pero aún no se han acoplado a las estrías internas 479. El movimiento continuo hacia adelante hace que las estrías externas del vástago inferior 485 entren y se deslicen en el acoplamiento de engrane con las estrías internas de acoplamiento 479.

A diferencia de las primeras tres modalidades, no es necesario rotar manualmente el vástago inferior 469 para orientarlo de manera rotacional. La alineación de rotación automática que ocurre mientras se mueven los motores 19, 20 uno hacia el otro es una ventaja porque los campos magnéticos de los imanes de polo en el motor inferior 20 pueden hacer difícil la rotación manual del vástago inferior. También, como la rotación mientras se conecta puede generar una carga eléctrica, los técnicos con un sistema de alineación automática pueden posicionarse mejor lejos de cualquier exposición accidental.

Las diversas modalidades ilustran al menos cuatro diferentes medios de alineación para alinear de manera rotacional los polos magnéticos del primer vástago de accionamiento con los polos magnéticos del segundo vástago de accionamiento antes de asegurar los alojamientos del primer y segundo motores juntos. En la primera modalidad (Figuras 4 y 5), el medio de alineación comprende irregularidades o brechas 81, 87 en estrías externas 73, 83 de los vástagos 50, 69 y una irregularidad 82 en las estrías de acoplamiento 75. En la segunda modalidad (Figuras 6 y 7), el medio de alineación comprende una llave 221 que se extiende a través de los chaveteros 215, 217 en los vástagos 250, 269 y un chavetero 219 en el acoplamiento 277. En la tercera modalidad (Figura 8), el medio de alineación comprende marcas distintivas 319, 321 en los vástagos 350, 369 y marcas distintivas 323 en el acoplamiento 377. En la cuarta modalidad (Figuras 9, 10), el medio de alineación comprende las ranuras de orientación 401a, 401b y los miembros guía 405.

La presente descripción descrita en la presente descripción, por lo tanto, se adapta bien para llevar a cabo los objetivos y lograr los fines y ventajas mencionados, así como también otros que le son inherentes. Si bien se han dado varias modalidades de la descripción para los fines de la

descripción, existen numerosos cambios en los detalles de los procedimientos para lograr los resultados deseados. Estas y otras modificaciones similares se plantearán fácilmente por sí solas a los expertos en la técnica, y están previstas para estar comprendidas en el alcance de las reivindicaciones adjuntas.