

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 669 919**

51 Int. Cl.:

**H02K 15/00** (2006.01)

**H02K 7/18** (2006.01)

**H02K 15/16** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.07.2014 E 14177982 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.04.2018 EP 2860851**

54 Título: **Procedimiento para reequilibrado in situ de un rotor de generador**

30 Prioridad:

**29.07.2013 US 201313953620**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**29.05.2018**

73 Titular/es:

**GENERAL ELECTRIC COMPANY (100.0%)  
1 River Road  
Schenectady, NY 12345, US**

72 Inventor/es:

**NEUMANN, ULRICH WERNER;  
BARNES, GARY RANDALL;  
OHL, RICHARD ARLAND y  
HOLLOWAY, BRENT HAMILTON**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 669 919 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Procedimiento para reequilibrado in situ de un rotor de generador

5 El sistema y procedimiento descritos en el presente documento se refieren en general a la reparación de generadores. Más específicamente, el sistema y procedimiento se refieren a la reparación in situ de un generador de turbina eólica.

Al menos algunas turbinas eólicas conocidas incluyen máquinas para la conversión de la entrada mecánica de velocidad variable de las palas de la turbina eólica en energía eléctrica que está de conformidad con una red eléctrica. Por ejemplo, algunas de turbinas eólicas conocidas incluyen un generador de inducción de doble alimentación (DFIG) para la conversión de la entrada mecánica de velocidad variable.

10 Algunos rotores de generadores DFIG tienen un punto neutro flotante. Esto se proporciona frecuentemente por un anillo de estrella. El anillo de estrella se realiza típicamente a partir de una barra de cobre y se localiza en el extremo no accionado (NDE) del generador. Debido a los esfuerzos funcionales que fatigan la conexión soldada entre el anillo de estrella y sus puntos de conexión del rotor (o patillas terminales), pueden desarrollarse grietas que conducen a discontinuidad. Cuando tienen lugar las primeras grietas, el generador continúa funcionando satisfactoriamente dado que la corriente puede aún llegar a los tres puntos de conexión del rotor. Sin embargo, si  
15 tiene lugar una segunda grieta en el anillo de estrella, en al menos una parte (por ejemplo, una fase) de los devanados del rotor están desconectados del neutro flotante. Esto da como resultado descargas en arco graves a través de una de las grietas, y conduce a fallo del aislamiento alrededor del anillo de estrella. Eventualmente, tiene lugar un arco cruzado entre el anillo de estrella y el conductor de fase. El sistema de supervisión de la turbina eólica detecta este estado de arco cruzado y reconoce como una falta de fase, y en consecuencia para la turbina eólica.

20 En el pasado, la única forma de reparar un anillo de estrella agrietado fue sustituir todo el generador. Para llevar a cabo esta reparación, se requiere una grúa capaz de elevar cargas pesadas (por ejemplo, 10 toneladas métricas) a grandes alturas (por ejemplo, 80 metros – 100 metros). Las grúas de este tipo son caras y la operación de sustitución del generador es costosa y requiere mucho tiempo. Además, la turbina eólica debe estar fuera de servicio hasta que se instale el nuevo generador. El documento US 2011/133459 A1 divulga un procedimiento para renovar un generador de inducción. El documento US 2012/141292 divulga un sistema de manejo de componentes para su uso en la retirada de un componente de un conjunto del tren de accionamiento de una turbina eólica. En un aspecto de la presente invención, un procedimiento para dar servicio a un rotor de un generador incluye las etapas de,  
25 desmontar un extremo no accionado del generador, retirar el aislamiento de las partes de un anillo de estrella existente y terminales de conexión existentes, retirar las partes del anillo de estrella existente cerca de los terminales de conexión existentes, instalar un anillo de estrella de sustitución en el generador, conectar el anillo de estrella de sustitución a los terminales de conexión existentes, y aislar el anillo de estrella de sustitución y los terminales de conexión existentes. El procedimiento se realiza sobre el generador in situ.

30 En otro aspecto de la presente invención, se proporciona un procedimiento para reparar un rotor de un generador en una turbina eólica. El procedimiento incluye las etapas de, desmontar un extremo no accionado del generador, retirar el aislamiento de las partes de un anillo de estrella existente y terminales de conexión existentes, retirar las partes del anillo de estrella existente cerca de los terminales de conexión existentes, instalar un anillo de estrella de sustitución en el generador, conectar el anillo de estrella de sustitución a los terminales de conexión existentes, y aislar el anillo de estrella de sustitución y los terminales de conexión existentes. El procedimiento se realiza sobre el  
35 generador in situ.

La FIG. 1 es una vista en perspectiva de una turbina eólica ejemplar;

la FIG. 2 ilustra una vista esquemática de un generador conocido;

la FIG. 3 ilustra una vista en perspectiva de un extremo no accionado de un generador;

45 la FIG. 4 ilustra una vista en perspectiva del extremo no accionado de un generador con la tapa de cojinete retirada;

la FIG. 5 ilustra una vista en perspectiva del extremo no accionado del generador con el ventilador del rotor retirado;

la FIG. 6 ilustra una vista esquemática de los devanados del extremo del rotor conectados al anillo de estrella;

50 la FIG. 7 ilustra una vista esquemática del rotor después de que se haya instalado un anillo de estrella de sustitución, de acuerdo con un aspecto de la presente invención;

la FIG. 8 ilustra una vista frontal en perspectiva de una tapa temporal de cojinete, de acuerdo con un aspecto de la presente invención;

la FIG. 9 ilustra una vista posterior en perspectiva de la tapa temporal de cojinete, de acuerdo con un aspecto de la presente invención;

la FIG. 10 ilustra una vista en perspectiva de un conjunto de motor de arrastre de acuerdo con un aspecto de la presente invención;

la FIG. 11 ilustra una vista en perspectiva del conjunto de motor de arrastre conectado al árbol de entrada del rotor del generador, de acuerdo con un aspecto de la presente invención;

5 la FIG. 12 ilustra un diagrama de flujo de un procedimiento para reequilibrado in situ de un rotor de generador, de acuerdo con un aspecto de la presente invención;

la FIG. 13 ilustra una vista esquemática del sistema para reequilibrado in situ del rotor de generador, de acuerdo con un aspecto de la presente invención;

10 la FIG. 14 ilustra un diagrama de flujo de un procedimiento para reparación de un rotor de generador en una turbina eólica, de acuerdo con un aspecto de la presente invención; y

la FIG. 15 es una vista en despiece y en perspectiva de la disposición de conexión usada para conectar el anillo de estrella de sustitución al terminal de conexión, de acuerdo con un aspecto de la presente invención.

15 Se describirán a continuación uno o más aspectos/realizaciones específicas de la presente invención. En un esfuerzo para proporcionar una descripción concisa de estos aspectos/realizaciones, pueden no describirse en la especificación todas las características de una implementación real. Debería apreciarse que en el desarrollo de cualquiera de dichas implementaciones reales, como en cualquier proyecto de ingeniería o de diseño, deben tomarse muchas decisiones específicas de la implementación para conseguir los objetivos específicos de los desarrolladores, tales como cumplimiento con restricciones relativas a la máquina, relativas al sistema y relativas al negocio, que pueden variar de una implementación a otra. Más aún, debería apreciarse que dicho esfuerzo de desarrollo podría ser complejo y consumidor de tiempo, pero sería en cualquier caso una rutina de diseño, fabricación y construcción para los expertos en la materia que tengan el beneficio de la presente divulgación.

20 Cuando se introducen elementos de diversas realizaciones de la presente invención, los artículos “un”, “una”, “el”, “la”, y “dicho/a” se pretende que indiquen que hay uno o más de los elementos. Los términos “comprendiendo,” “incluyendo”, y “teniendo” se pretende que sean inclusivos y signifiquen que puede haber elementos adicionales distintos a los elementos listados. Cualesquiera ejemplos de los parámetros de operación y/o condiciones ambientales no son exclusivos de otros parámetros/condiciones de las realizaciones divulgadas. Adicionalmente, debería entenderse que las referencias a “una realización” o “un aspecto” de la presente invención no se pretende que se interpreten como excluyentes de la existencia de realizaciones o aspectos adicionales que también incorporan las características enumeradas.

30 La FIG. 1 es una vista esquemática de una turbina eólica ejemplar 100. En la realización ejemplar, la turbina eólica 100 es una turbina eólica de eje horizontal. Alternativamente, la turbina eólica 100 puede ser una turbina eólica de eje vertical. En la realización ejemplar, la turbina eólica 100 incluye una torre 102 que se extiende desde y se acopla a una superficie 104 de soporte. La torre 102 puede acoplarse a la superficie 104 con tornillos de anclaje o a través de una pieza de montaje de cimentación (ninguna mostrada), por ejemplo. Se acopla una góndola 106 a la torre 102, y se acopla un conjunto de árbol 108 principal a la punta 106. El conjunto de árbol 108 principal incluye un buje 110 giratorio y una pluralidad de palas 112 del rotor acopladas al buje 110. En la realización ejemplar, el conjunto de árbol 108 principal incluye tres palas 112 del rotor. Alternativamente, el conjunto de árbol 108 principal puede tener cualquier número adecuado de palas 112 del rotor que permita que la turbina eólica 100 funcione tal como se describe en el presente documento. La torre 102 puede tener cualquier altura y/o construcción adecuada que permita que la turbina eólica 100 funcione como se describe en el presente documento.

40 Las palas 112 del rotor están espaciadas alrededor del buje 110 para facilitar la rotación del conjunto de árbol 108 principal, transfiriendo de ese modo la energía cinética del viento 114 a energía mecánica utilizable, y posteriormente, energía eléctrica. El conjunto de árbol 108 principal y góndola 106 se giran alrededor de la torre 102 sobre un eje 116 de orientación para controlar una perspectiva de las palas 112 del rotor con respecto a una dirección del viento 114. Las palas 112 del rotor se ajustan al buje 110 mediante el acoplamiento de una parte 118 de raíz de la pala del rotor al buje 110 en una pluralidad de zonas 120 de transferencia de carga. Cada una de las zonas 120 de transferencia de carga tiene una zona de transferencia de carga al buje y una zona de transferencia de carga a la pala del rotor (ninguna mostrada en la FIG. 1). Las cargas inducidas en las palas 112 del rotor se transfieren al buje 110 a través de las zonas 120 de transferencia de carga. Cada pala 112 del rotor incluye también una parte de punta 122 de la pala del rotor.

50 En la realización ejemplar, las palas 112 del rotor tienen una longitud de entre aproximadamente 30 metros (m) (99 pies) y aproximadamente 120 m (394 pies). Alternativamente, las palas 112 del rotor pueden tener cualquier longitud adecuada que permita que la turbina eólica 100 funcione como se describe en el presente documento. Por ejemplo, las palas 112 del rotor pueden tener una longitud adecuada menor de 30 m o mayor de 120 m. Cuando el viento 114 contacta con la pala 112 del rotor, se inducen fuerzas de empuje en la pala 112 del rotor y se induce la rotación del conjunto de árbol 108 principal alrededor de un eje 124 de rotación cuando la parte de punta 122 de la pala del rotor se acelera.

Puede cambiarse un ángulo de paso (no mostrado) de las palas 112 del rotor, es decir, un ángulo que determina la perspectiva de la pala 112 del rotor con respecto a la dirección del viento 114, mediante un conjunto de paso (no mostrado en la FIG. 1). Más específicamente, el incremento de un ángulo de paso de la pala 112 del rotor disminuye una cantidad de área superficial 126 de la pala del rotor expuesta al viento 114 y, a la inversa, la disminución de un ángulo de paso de la pala 112 del rotor incrementa una cantidad de área superficial 126 de la pala del rotor expuesta al viento 114. Los ángulos de paso de las palas 112 del rotor se ajustan alrededor de un eje 128 de paso de cada pala 112 del rotor. En la realización ejemplar, los ángulos de paso de las palas 112 del rotor se controlan individualmente. Adicionalmente, la turbina eólica 100 incluye una caja de engranajes 130 principal y un generador 200 dentro de la góndola 106. En la realización ejemplar, el conjunto de árbol 108 principal incluye un árbol de baja velocidad (no mostrado en la FIG. 1) que se extiende dentro de la caja de engranajes 130 principal y se extiende un árbol de alta velocidad (no mostrado en la FIG. 1) hasta el generador 200.

La FIG. 2 ilustra una vista esquemática del generador 200. El generador 200 incluye un estator 210 y un rotor 212. El árbol de entrada 220 del generador se acopla al árbol de salida 225 de la caja de engranajes a través de un acoplamiento 221. Típicamente, el acoplamiento 221 es una configuración de brida con tornillos. El árbol de entrada 220 del generador se localiza en el extremo 214 accionado (DE) del generador. El extremo opuesto del generador 200 es el extremo 216 no accionado (NDE). El extremo 216 accionado incluye una tapa 230 de cojinete. La tapa 230 de cojinete puede incluir también una cubierta 231 de cojinete interior, y el exterior de la tapa 230 de cojinete puede configurarse para la fijación de un deflector 232 de aceite, y una carcasa 233 del anillo deslizante que contiene los anillos 234 deslizantes.

La FIG. 3 ilustra una vista en perspectiva del extremo 216 no accionado del generador 200. La tapa 230 del cojinete se muestra fijada al generador 200, sin embargo se han retirado la carcasa 233 del anillo deslizante, los anillos 234 deslizantes y otras partes. Puede verse que la tapa de cojinete existente es una cubierta sólida (excepto en la parte en la que el árbol del rotor pasa a su través).

La FIG. 4 ilustra una vista en perspectiva del extremo 216 no accionado del generador 200 con la tapa 230 del cojinete retirada. Se fija un ventilador 440 del rotor de generador al rotor y se configura como un ventilador de flujo radial. Sin embargo, el ventilador 440 del rotor también podría ser igualmente un ventilador del tipo de flujo axial. El acceso al ventilador del rotor es importante durante una operación de reequilibrado, como se describirá con más detalle en el presente documento a continuación.

La FIG. 5 ilustra una vista en perspectiva del extremo 216 no accionado del generador 200 con un ventilador 440 de rotor retirado. Los devanados 513 del extremo del rotor se extienden circunferencialmente alrededor del rotor. Los devanados 513 del extremo se conectan a un anillo 514 de estrella que se ajusta radialmente dentro de los devanados 513 del extremo. El anillo 514 de estrella consiste típicamente en una o más barras de cobre curvadas en una forma generalmente circular, y el anillo 514 de estrella proporciona una conexión neutra flotante para las (típicamente) tres fases de los devanados del rotor. El anillo 514 de estrella está normalmente aislado mediante la envoltura y/o encapsulado en material dieléctrico.

Como se ha dicho anteriormente, el uso y desgaste del funcionamiento puede provocar grietas en el anillo 514 de estrella. Si se desarrollan dos o más grietas, el generador está en defecto y debe detenerse. La FIG. 6 ilustra una vista esquemática de los devanados 513 del extremo del rotor conectados al anillo 514 de estrella. Los terminales 651, 652 y 653 de conexión se usan para conectar eléctricamente el anillo 514 de estrella a los devanados 513 del extremo. Típicamente, los terminales de conexión se sueldan al anillo 514 de estrella dado que ambos están fabricados de cobre. La unión soldada experimenta tensiones durante la operación del generador. Por ejemplo, la expansión y contracción térmica puede no ser uniforme entre los devanados 513 del extremo del rotor y el anillo 514 de estrella, y esta expansión y contracción no uniforme tensiona la unión soldada así como al anillo de estrella en sí mismo. Desafortunadamente, después de un período de tiempo amplio puede formarse una grieta 661 en el anillo de estrella cerca del terminal de conexión 651. Una única grieta no es catastrófica, dado que la corriente aún puede circular al punto de conexión más próximo. Sin embargo, la grieta 661 impone cargas adicionales sobre los otros dos terminales 652 y 653 de conexión. Si se desarrolla una segunda grieta 662 cerca del terminal 652 de conexión, una de las fases (a través del terminal 651 de conexión) está ahora aislada del neutro flotante. Los arcos entre las grietas degradan el aislamiento y activarán el fallo de la máquina.

La FIG. 7 ilustra una vista esquemática del rotor 212 después de que se haya instalado un anillo 714 de estrella de sustitución. En el pasado, no había manera de reparar un anillo 514 de estrella agrietado (o funcionando mal en otra forma) en la torre, o in situ. Todo el viejo generador había de retirarse y había de llevarse a la góndola un nuevo generador e instalarse. Como se podría esperar, esta era una operación muy cara y consumidora de tiempo, aunque la única forma conocida de reparar el generador. De acuerdo con un aspecto de la presente invención se instala un nuevo (o de sustitución) anillo 714 de estrella y se coloca radialmente dentro del antiguo anillo 514 de estrella.

Para exponer los terminales 651-653 de conexión, debe retirarse el aislamiento existente de las partes del viejo anillo 514 de estrella. El anillo 714 de estrella de sustitución se fijará a los terminales de conexión. El sistema de fijación puede incluir un tornillo 771, tuerca 772 antiguo y una o más cuñas 773. El anillo 714 de estrella de sustitución puede fabricarse de cobre o aluminio, y de diámetro suficiente para encajar justo dentro (pero no en contacto directo con) el anillo 514 de estrella previo. El sistema de fijación puede incluir también superficies

plateadas (por ejemplo, plateadas con plata) para incrementar la conductividad. Después de la instalación del anillo 714 de estrella de sustitución, los terminales 651-653 de conexión, las partes del anillo 514 de estrella expuesto y el nuevo anillo 714 de estrella (así como el sistema de fijación) se encapsulan en material dieléctrico (o aislante).

5 La instalación de este nuevo equipo crea un problema de desequilibrado para el rotor 212. Es altamente probable que el rotor 212 esté ahora desequilibrado debido a la adición de este nuevo equipo, y algunos rotores tienen terminales de conexión localizados asimétricamente que exacerban adicionalmente el problema de equilibrio del rotor. Los nuevos generadores construidos en una fábrica no tienen este problema, dado que se equilibran durante el proceso de construcción. Sin embargo, dicha modificación de un rotor de generador en el campo provocará casi invariablemente algún desequilibrado del rotor. Dado que solo se ha modificado el extremo 216 no accionado, solo el extremo 216 no accionado necesitará muy probablemente ser equilibrado para llevar al generador de vuelta a una condición de equilibrio aceptable. El tipo de equilibrio realizado sobre los generadores se llama equilibrado en dos planos, dado que hay dos puntos de apoyo implicados a distancia considerable. El procedimiento, de acuerdo con aspectos de la presente invención, dará como resultado un equilibrado dinámico que se acercará al equilibrado de fábrica pero puede quedar un desequilibrado residual y aceptable. Esto solo se podría manejar mediante la realización de un equilibrado completo en dos planos, y para llevar a cabo esto habría de retirarse la tapa 214 del cojinete del extremo accionado (no mostrado) y sustituirse con uno temporal como se muestra en las FIGS. 8 y 9. Típicamente, la fábrica (cuando se construyen nuevos generadores) no equilibra el rotor 212 con los anillos deslizantes 234 o todo el conjunto de anillo deslizante fijado al rotor 212. Por lo tanto, los anillos deslizantes (o conjunto de anillos deslizantes) puede dejarse fuera del rotor durante la operación de reequilibrado in situ, si se desea en aplicaciones específicas. Sin embargo, durante una operación de reequilibrado puede ser deseable tener otros accesorios del rotor (por ejemplo, la cubierta de cojinete interior, el deflector de aceite, etc.) en su sitio y fijados al rotor o al árbol del rotor. Se describirá ahora un sistema y procedimiento para llevar a cabo dicho reequilibrado del rotor in situ (y arriba de la torre).

25 La FIG. 8 ilustra una vista frontal en perspectiva de una tapa 800 de cojinete, de acuerdo con un aspecto de la presente invención. La tapa 800 de cojinete es una tapa temporal de cojinete que se instala sobre el generador 200 e imita a la tapa 230 de cojinete original dimensionalmente de tal manera que todas las partes rotativas del rotor pueden montarse tal como están en un estado de operación normal. Las partes rotativas pueden incluir el deflector de aceite, anillo deslizante o cualquier otra parte rotativa del rotor que afecte al equilibrado del mismo.

30 La tapa 800 temporal de cojinete incluye una primera mitad 801 unida a una segunda mitad 802 mediante una disposición de tuerca 811 y tornillo 812. Las dos mitades 801, 802 podrían también unirse por cualquier otro procedimiento de unión adecuado. La tapa 800 temporal de cojinete incluye una abertura central para dar soporte a que la parte no accionada del árbol del rotor pase a su través. Se configuran una pluralidad de ventanas 804, 805, 806, 807 para permitir el acceso del operador al ventilador 440 del rotor del generador, de modo que puedan fijarse pesos de equilibrado al mismo. El ventilador 440 es un buen candidato para la fijación de pesos dado que proporciona muchos puntos con una buena área superficial para la fijación de pesos. La tapa 800 temporal de cojinete también incluye medios de montaje para el montaje de las partes no rotativas del NDE del rotor del generador, y estos medios de montaje pueden incluir orificios roscados 821, 822, 823, 824 u otros soportes o ganchos adecuados tal como se proporcionan sobre la tapa 230 de cojinete original. Las partes no rotativas pueden incluir la cubierta de cojinete interior, la cobertura de cojinete interior u otras partes no rotativas.

40 La FIG. 9 ilustra una vista posterior en perspectiva de la tapa 800 temporal de cojinete, de acuerdo con un aspecto de la presente invención. La tapa 800 temporal de cojinete incluye una pluralidad de orificios 901 - 908 pasantes y para el paso de tornillos y montaje de la tapa 800 sobre el extremo 216 no accionado del generador 200. Los orificios 821-824 pasantes pueden usarse para fijar la cubierta 231 de cojinete interior a la tapa 800 temporal de cojinete. Debido a la operación de reequilibrado, debe detectarse el estado del equilibrado de modo que la tapa 800 temporal de cojinete también incluye un acelerómetro 910 que se configura para detectar el estado de equilibrado o desequilibrado del rotor. El acelerómetro 910 puede ser un tipo de eje simple de acelerómetro y puede fijarse magnéticamente al montaje 915. El tipo de eje simple de acelerómetro se orienta preferentemente de modo radial hacia el centro de giro para captar las vibraciones creadas por el estado de desequilibrado del rotor. Se muestra un acelerómetro, pero se ha de entender que podrían usarse múltiples acelerómetros durante una operación de reequilibrado de rotor. Solamente como un ejemplo, podría colocarse un acelerómetro sobre el extremo no accionado 216 y otro acelerómetro podría colocarse sobre el extremo 214 accionado.

55 La FIG. 10 ilustra una vista en perspectiva de un conjunto de motor 1000 de arrastre. De acuerdo con un aspecto de la presente invención. El conjunto de motor 1000 de arrastre se configura para la fijación al extremo 214 accionado del generador 200, y también se configura para hacer girar el árbol 220 del rotor del generador durante una operación de reequilibrado. El conjunto de motor 1000 de arrastre incluye un motor 1010 contenido dentro de la carcasa 1012 de motor. La carcasa 1012 de motor se fija al generador 200 mediante un montaje de motor de arrastre. El montaje del motor de arrastre incluye dos soportes 1020, 1022 y un montaje de soporte 1024. Los soportes 1020, 1022 se configuran para fijarse el generador 200 a través del montaje de soporte 1024. El motor 1010 acciona una polea 1014 accionado que hace girar una correa 1116 conectada al árbol 220 dentro del rotor. Para proporcionar tensión a la correa 116 se configura una barra 1030 tensora para la fijación del conjunto 1000 de motor de arrastre al generador 200. La barra 1030 tensora puede fijarse a un tornillo 1032 roscado dentro del generador 200, o cualquier otra localización de montaje adecuada sobre el generador u otra estructura de soporte.

La barra 1030 tensora puede girarse para incrementar o disminuir la tensión sobre la correa 1116.

El rotor 212 del generador es muy pesado (por ejemplo alrededor de 2 toneladas métricas), y tiene su masa concentrada alrededor de un radio relativamente grande. Esto da como resultado una inercia muy grande que necesita superarse. Si se empleara un motor que arranque "directo en la línea", es decir conmutándolo a conectado, la(s) correa(s) podría(n) romperse o deslizarse y quemarse antes de que el rotor 212 llegue a velocidad. Un controlador de motor de "arranque suave" sería muy voluminoso y pesado además de que el motor que va junto con dicho controlador sería también voluminoso y pesado, lo que hace difícil la tarea de transporte del motor y controlador hasta la torre. Como una opción más preferida, se usa un motor 1010 servo-accionado que se controla a través de un ordenador. Un motor servo-accionado puede arrancarse con un par tremendo a muy bajas revoluciones y acelerarse de forma controlada. Por ejemplo, el motor 110 puede tener una tasa de incremento de velocidad muy pequeña para hacer que el rotor 212 se mueva sin deslizamiento de la correa 1116 o sobrecarga de los elementos accionados o el motor 1010.

La FIG. 11 ilustra una vista en perspectiva del conjunto de motor 1000 de arrastre conectado al árbol de entrada del rotor del generador, de acuerdo con un aspecto de la presente invención. La polea 1118 puede conectarse al árbol 220 de entrada del rotor a través de cualquier medio de montaje adecuado (por ejemplo, una conexión de brida con tornillos, etc.) para girar el rotor 212 del generador. El motor se energiza para girar la polea 1014 accionada, esta impulsa a su vez la correa 1116 que hace girar la polea 1116 y el árbol 220 de entrada del rotor. Solamente como un ejemplo, el motor 1010 puede accionar el rotor 212 a aproximadamente 200 rpm hasta aproximadamente 400 rpm durante una operación de reequilibrado.

La FIG. 12 ilustra un diagrama de flujo de un procedimiento 1200 para equilibrado (o reequilibrado) in situ de un rotor 212 de generador. Este procedimiento puede realizarse mientras el generador 200 está localizado dentro de una góndola 106 en la parte superior de una torre 102 de turbina eólica. El procedimiento incluye una etapa 1210 de fijación de una tapa 800 temporal de cojinete a un extremo 216 no accionado de un generador 200. Esta etapa puede incluir también la fijación de partes rotativas del rotor del generador al rotor del generador y la fijación de partes no rotativas a la tapa temporal de cojinete. Una etapa 1220 de fijación fija un conjunto de motor 1000 de arrastre a un extremo 214 accionado del generador 200. Una etapa 1230 de conexión conecta el conjunto de motor 1000 de arrastre al árbol 220 de entrada del rotor del generador (y por lo tanto al rotor 212). Esta etapa puede incluir también la fijación de una polea 1118 al rotor 212 (o árbol 220 de entrada) y la conexión de la polea 1118 al conjunto de motor 1000 de arrastre a través de la correa 1116. La correa puede tensarse mediante la fijación de una barra 1030 tensora al generador y al conjunto de motor 1000 de arrastre. La barra tensora puede girarse para incrementar o disminuir la longitud de la misma, y de ese modo incrementar o disminuir la cantidad de tensión sobre la correa 1118. Para probar el equilibrado del rotor y etapa 1240 de activación se activa el conjunto de motor de arrastre (es decir, el motor 1010) para hacer girar el rotor 212 del generador, y la etapa 1250 de detección detecta un estado de equilibrado o desequilibrado del rotor del generador. La etapa 1250 de detección puede incluir también la recepción de datos desde uno o más acelerómetros (por ejemplo, el acelerómetro 910) que produce datos usados para indicar el estado de equilibrado/desequilibrado del rotor. Una etapa 1260 de adición de peso añade peso al rotor del generador 212 si se detecta un estado de desequilibrado del rotor para corregir el desequilibrado del rotor. La etapa de adición de peso puede incluir la adición de peso a partes específicas del ventilador 440 (u otras partes del rotor 212) para corregir el equilibrado del rotor.

La FIG. 13 ilustra una vista esquemática del sistema para equilibrado del rotor del generador mientras el generador 200 está dentro de la turbina eólica 100. El sistema incluye la tapa 800 temporal de cojinete, el conjunto 1100 de motor de arrastre, ambos de los cuales se muestran fijados al generador 200, y el ordenador 1300. El sistema 1310 de reequilibrado de la invención puede implementarse en software (por ejemplo, firmware), hardware, o una combinación de los mismos. En el mejor modo actualmente contemplado, el sistema de reequilibrado 1310 se implementa en software, como un programa ejecutable, y se ejecuta mediante un ordenador digital de propósito especial o general, tal como un ordenador personal (PC; compatible IBM, compatible Apple, o de otra forma), estación de trabajo, mini ordenador, u ordenador principal. Un ejemplo de un ordenador de propósito general que puede implementar el sistema de reequilibrado 1310 de la presente invención se muestra en la FIG. 13.

Generalmente, en términos de arquitectura de hardware, como se muestra en la FIG. 13, el ordenador 1300 incluye un procesador 1312, memoria 1314, y uno o más dispositivos 1316 de entrada y/o salida (E/S) (o periféricos) que se acoplan comunicativamente a través de una interfaz 1318 local. La interfaz 1318 local puede ser, por ejemplo, pero sin limitarse a, uno o más buses u otras conexiones por cable o inalámbricas, como es conocido en la técnica. La interfaz 1318 local puede tener elementos adicionales, que se omiten por simplicidad, tales como controladores, memorias intermedias (cachés), accionadores, repetidores y receptores, para permitir las comunicaciones. Adicionalmente, la interfaz local puede incluir dirección, control, y/o conexiones de datos para permitir las comunicaciones apropiadas entre los componentes anteriormente mencionados.

El procesador 1312 es un dispositivo de hardware para la ejecución de software, particularmente el almacenado en la memoria 1314. El procesador 1312 puede ser cualquier procesador de fabricación específica o comercialmente disponible, una unidad de procesamiento central (CPU), un procesador auxiliar entre varios procesadores asociados con el ordenador 1300, un microprocesador basado en semiconductores (en la forma de un microchip o conjunto de chips), un macroprocesador, o en general cualquier dispositivo para la ejecución de instrucciones de software.

Ejemplos de microprocesadores comercialmente disponibles adecuados son los siguientes: la serie PA-RISC de microprocesadores de Hewlett Packard Company, un microprocesador de la serie 80x86 o Pentium de Intel Corporation, un microprocesador PowerPC de IBM, un microprocesador Sparc de Sun Microsystems, Inc. o un microprocesador de la serie 68xxx de Motorola Corporation.

5 La memoria 1314 puede incluir cualquiera o una combinación de elementos de memoria volátiles (por ejemplo, memoria de acceso aleatorio (RAM, tal como DRAM, SRAM, SDRAM, etc.)) y elementos de memoria no volátiles (por ejemplo, ROM, disco duro, cinta, CD-ROM, etc.). Más aún, la memoria 1314 puede incorporar medios de almacenamiento electrónicos, magnéticos, ópticos, y/u otros tipos. Obsérvese que la memoria 1314 puede tener una arquitectura distribuida, en la que se sitúan varios componentes remotamente entre sí, pero pueden ser accedidos por el procesador 12.

El software en la memoria 1314 puede incluir uno o más programas separados, cada uno de los cuales comprende una lista ordenada de instrucciones ejecutables para la implementación de funciones lógicas. En el ejemplo de la FIG. 1, el software en la memoria 1314 incluye el sistema 1310 de reequilibrado de acuerdo con la presente invención y un sistema operativo (S/O) 1322 adecuado. Una lista no exhaustiva de ejemplos de sistemas operativos 1322 comercialmente disponibles adecuados es la siguiente: (a) un sistema operativo Windows disponible en Microsoft Corporation; (B) un sistema operativo Netware disponible en Novell, Inc.; (c) un sistema operativo Macintosh disponible en Apple Computer, Inc.; (e) un sistema operativo UNIX, que está disponible para compra en muchos proveedores, tales como Hewlett-Packard Company, Sun Microsystems, Inc., y AT&T Corporation; (d) un sistema operativo LINUX, que es libre y está disponible fácilmente en Internet; (e) un sistema operativo en tiempo de ejecución Vxworks de WindRiver Systems, Inc.; o (f) un sistema operativo basado en el dispositivo, tal como se implementa en ordenadores portátiles o asistentes de datos personales (PDA) (por ejemplo, PalmOS disponible en Palm Computing, Inc., y Windows CE disponible en Microsoft Corporation). El sistema operativo 1322 controla esencialmente la ejecución de otros programas del ordenador, tales como el sistema 1310 de reequilibrado, y proporciona planificación, control de entradas/salidas, gestión de archivos y datos, gestión de memoria, y control de la comunicación y servicios relacionados.

El sistema 1310 de reequilibrado es un programa fuente, programa ejecutable (código objeto), scripts, o cualquier otra entidad que comprenda un conjunto de soluciones a ser realizadas. Cuando es un programa fuente, entonces el programa necesita ser traducido a través de un compilador, ensamblador, intérprete, o similar, que puede o no estar incluido dentro de la memoria 1314, de modo que funcione apropiadamente en conexión con el S/O 1322. Adicionalmente, el sistema 1310 de reequilibrado puede escribirse como (a) un lenguaje de programación orientado a objetos, que tiene clases de datos y procedimientos, o (b) un lenguaje de programación de procedimiento, que tiene rutinas, subrutinas, y/o funciones, por ejemplo, pero sin limitarse a, C, C++, Pascal, Basic, Fortran, Cobol, Perl, Java y Ada. En el mejor modo actualmente contemplado de poner en práctica la invención, el sistema 1310 de reequilibrado se conecta a los acelerómetros 911-914 y los datos recibidos de los acelerómetros se usan para indicar el estado de equilibrado/desequilibrado del rotor 212 y, si el rotor está desequilibrado, entonces dónde colocar los pesos de equilibrado y cuánto peso colocar en cada localización designada sobre el rotor 212 (o ventilador 440 o cualquier otra localización del rotor adecuada).

Los dispositivos de E/S 1316 pueden incluir dispositivos de entrada, por ejemplo pero sin limitarse a, unos acelerómetros 910, un teclado, ratón, escáner, micrófono, etc. Adicionalmente, los dispositivos de E/S 1316 pueden incluir también dispositivos de salida, por ejemplo pero sin limitarse a, una impresora, pantalla, etc. Finalmente, los dispositivos de E/S 1316 pueden incluir adicionalmente dispositivos que comuniquen tanto entradas como salidas, por ejemplo pero sin limitarse a, un modulador/demodulador (módem; para el acceso a otros dispositivos, sistemas, o red), un transceptor de radiofrecuencia (RF) u otra, una interfaz telefónica, un puente, un enrutador, etc.

Si el ordenador 1300 es un PC, estación de trabajo, ordenador portátil, teléfono inteligente, tabletas o similar, el software en la memoria 1314 puede incluir además un sistema base de entradas salidas (BIOS) (omitido por simplicidad). El BIOS es un conjunto de rutinas esenciales de software que inicializan y prueban el hardware en el arranque, inician el S/O 1322, y dan soporte a la transferencia de datos entre los dispositivos de hardware. El BIOS se almacena en ROM de modo que el BIOS puede ejecutarse cuando el ordenador 1300 está activado. Cuando el ordenador 1300 está en funcionamiento, el procesador 1312 se configura para ejecutar el software almacenado dentro de la memoria 1314, para comunicar datos a y desde la memoria 1314, y en general para controlar las operaciones del ordenador 1300 de acuerdo con el software. El sistema 1310 de reequilibrado y el S/O 1322, totalmente o en parte, pero típicamente esto último, son leídos por el procesador 1312, quizás almacenados dentro del procesador 1312, y ejecutados a continuación.

Cuando se implementa en software el sistema 1310 de reequilibrado, como se muestra en la FIG. 31, debería observarse que el sistema 1310 de reequilibrado puede almacenarse en cualquier medio legible por ordenador para su soporte, o en conexión con, cualquier sistema o procedimiento relacionado con la ordenador. En el contexto del presente documento, un medio legible por ordenador es un dispositivo físico electrónico, magnético, óptico, u otro o medios que pueden contener o almacenar un programa informático para su uso por o en conexión con un sistema o procedimiento relacionado con el ordenador. El sistema 1310 de reequilibrado puede realizarse en cualquier medio legible por ordenador para su uso por o en conexión con un sistema de ejecución de instrucciones, aparato, o dispositivo, tal como un sistema basado en ordenador, sistema que contiene un procesador, u otros sistemas que

puedan recoger las instrucciones del sistema de ejecución de instrucciones, aparato o dispositivo y ejecutar las instrucciones. En el contexto del presente documento, un “medio legible por ordenador” puede ser cualquier medio que pueda almacenar, comunicar, propagar, o transportar el programa para su uso por o en conexión con el sistema de ejecución de instrucciones, aparato, o dispositivo. El medio legible por ordenador puede ser, por ejemplo pero sin limitarse a, un sistema, aparato, dispositivo, o medios de programación electrónico, magnético, óptico, electromagnético, infrarrojo, o de semiconductor. Ejemplos más específicos (una lista no exhaustiva) de medios legibles por ordenador incluiría los siguientes: una conexión eléctrica (electrónica) que tenga uno o más cables, un disquete (magnético) de ordenador portátil, una memoria de acceso aleatorio (RAM) (electrónica), una memoria solo de lectura (ROM) (electrónica), una memoria solo de lectura borrable y programable (EPROM, EEPROM, o memoria flash) (electrónica), una fibra óptica (óptica), y una memoria solo de lectura en disco compacto portátil (CD-ROM) (óptica). Obsérvese que el medio legible por ordenador podría incluso ser papel u otro medio adecuado sobre el que se imprime el programa, dado que el programa puede ser capturado electrónicamente, a través de por ejemplo un escaneado óptico del papel u otro medio, a continuación compilado, interpretado o procesador en otra forma de un modo adecuado si es necesario, y almacenado a continuación en una memoria de ordenador.

En una realización alternativa, en la que el sistema 1310 de reequilibrado se implementa en hardware, el sistema 1310 de reequilibrado puede implementarse con cualquiera o una combinación de las siguientes tecnologías, cada una de ellas bien conocida en la técnica: circuitos lógicos discretos que tienen puertas lógicas para implementar funciones lógicas sobre las señales de datos, un circuito integrado de aplicación específica (ASIC) que tiene las puertas lógicas combinacionales apropiadas, una matriz de puertas programables (PGA), una matriz de puertas programables en campo (FPGA), etc.

La FIG. 14 ilustra un diagrama de flujo de un procedimiento 1400 para la reparación (o mantenimiento) de un rotor 212 del generador 200 en una turbina eólica 100. El procedimiento 1400 puede realizarse in situ, o mientras el generador 200 está alojado dentro de la góndola 106 de la turbina eólica 100. El procedimiento 1400 incluye una etapa 1410 de desmontaje de un extremo 216 no accionado del generador 200. Véanse también las FIGS. 3-5. Esta etapa puede incluir también el desmontaje del extremo 216 no accionado para exponer el rotor 212, anillo 514 de estrella existente y terminales 651, 652, 653 de conexión existentes. La etapa 1420 retira el aislamiento de las partes del anillo 514 de estrella existente y los terminales 651, 652, 653 de conexión existentes. Esta etapa puede incluir también la retirada del material de bloqueo y soporte de partes del anillo 514 de estrella existente y de los terminales 651, 652, 653 de conexión existentes. La etapa 1430 elimina partes del anillo 514 de estrella existente cerca de los terminales 651, 652, 653 de conexión existentes. Esta etapa puede incluir también la desconexión eléctricamente del anillo 514 de estrella existente, del rotor 212 o de los devanados 513 del extremo del rotor.

La etapa 1440 instala el anillo 714 de estrella de sustitución en el generador 200. Véase la FIG. 7. Esta etapa puede incluir también el posicionamiento del anillo 714 de estrella de sustitución radialmente dentro del anillo 514 de estrella existente y coaxialmente con el rotor 212 o árbol central del rotor. La etapa 1450 conecta el anillo de estrella de sustitución a los terminales 651, 652, 653 de conexión existentes. Esta etapa puede incluir la perforación de un orificio pasante 1570 dentro de cada uno de los terminales de conexión existentes y la fijación mecánicamente del anillo 714 de estrella de sustitución a cada uno de los terminales de conexión existentes con un tornillo 771, una tuerca 772 (que puede ser una tuerca antigiro) y una o más cuñas 773. La FIG. 15 es una vista en despiece y perspectiva de la disposición de conexión usada para conectar el anillo 714 de estrella de sustitución al terminal de conexión 651. La tuerca 772 incluye un resalte 1580 usado para impedir que la tuerca 772 gire cuando se coloca sobre el terminal 651 de conexión.

La etapa 1460 aísla el anillo 714 de estrella de sustitución y los terminales 651, 652, 653 de conexión existentes. El procedimiento 1400 puede incluir también las etapas de volver a montar parcialmente el generador, fijación de una tapa temporal de cojinete en el extremo no accionado del generador, detectar un estado de equilibrado o desequilibrado del rotor, y añadir peso al rotor si se detecta un estado de desequilibrado del rotor para corregir el desequilibrado del rotor.

El procedimiento y sistema de la presente invención demuestra sustancialmente resultados mejorados que no se esperaban, debido a que un generador que tenga un anillo de estrella defectuoso puede repararse ahora in situ y arriba de la torre en una turbina eólica. Previamente, la única solución conocida era retirar todo el generador e instalar un nuevo generador (un esfuerzo costoso y consumidor de tiempo). El procedimiento y sistema de la presente invención permite que la turbina eólica sea devuelta al estado de funcionamiento mucho más rápidamente y con mucho menos gastos.

El procedimiento y sistema de la presente invención demuestra sustancialmente resultados mejorados que no se esperaban, debido a que un generador que tenga un anillo de estrella defectuoso puede repararse ahora in situ y arriba de la torre en una turbina eólica. Previamente, la única solución conocida era retirar todo el generador e instalar un nuevo generador (un esfuerzo costoso y consumidor de tiempo). El procedimiento y sistema de la presente invención permite que la turbina eólica sea devuelta al estado de funcionamiento mucho más rápidamente y con mucho menos gastos.

La descripción escrita usa ejemplos para divulgar la invención, incluyendo el mejor modo, y también para permitir a cualquier experto en la materia poner en práctica la invención, incluyendo la realización y uso de cualesquiera

dispositivos o sistemas y la realización de cualesquiera procedimientos incorporados. El alcance patentable de la invención se define por las reivindicaciones, y puede incluir otros ejemplos que se les ocurran a los expertos en la materia. Dichos otros ejemplos se pretende que estén dentro del alcance de las reivindicaciones si tienen elementos estructurales que no difieren del lenguaje literal de las reivindicaciones, o si incluyen elementos estructurales equivalentes con diferencias insustanciales respecto a los lenguajes literales de las reivindicaciones.

Se definen diversos aspectos y realizaciones de la presente invención por las siguientes cláusulas numeradas:

1. Un procedimiento para mantenimiento del rotor de un generador, comprendiendo el procedimiento las etapas de:

desmontar un extremo no accionado del generador;  
retirar el aislamiento de las partes de un anillo de estrella existente y terminales de conexión existentes;  
retirar partes del anillo de estrella existente cerca de los terminales de conexión existentes;  
instalar un anillo de estrella de sustitución en el generador;  
conectar el anillo de estrella de sustitución a los terminales de conexión existentes;  
aislar el anillo de estrella de sustitución y los terminales de conexión existentes; y  
en el que el procedimiento se realiza sobre el generador in situ.

2. El procedimiento de la cláusula 1, comprendiendo adicionalmente la etapa de desmontaje:

desmontar el extremo no accionado para exponer el rotor, anillo de estrella existente y terminales de conexión existentes.

3. El procedimiento de cualquier cláusula precedente, comprendiendo adicionalmente la etapa de retirada del aislamiento:

retirar el material de bloqueo y soporte de las partes del anillo de estrella existente y de los terminales de conexión existentes.

4. El procedimiento de cualquier cláusula precedente, comprendiendo adicionalmente la etapa de retirar partes:

desconectar eléctricamente del rotor el anillo de estrella existente.

5. El procedimiento de cualquier cláusula precedente, comprendiendo adicionalmente la etapa de instalación:

posicionar el anillo de estrella de sustitución radialmente en el interior del anillo de estrella existente y coaxialmente con el rotor.

6. El procedimiento de cualquier cláusula precedente, comprendiendo adicionalmente la etapa de conexión:

perforar un orificio pasante dentro de cada uno de los terminales de conexión existentes.

7. El procedimiento de cualquier cláusula precedente, comprendiendo adicionalmente la etapa de conexión:

fijar mecánicamente el anillo de estrella de sustitución a los terminales de conexión existentes.

8. El procedimiento de cualquier cláusula precedente, comprendiendo adicionalmente la fijación mecánica:

fijar el anillo de estrella de sustitución a cada uno de los terminales de conexión existentes con un tornillo, una tuerca y una o más cuñas.

9. El procedimiento de cualquier cláusula precedente, en el que la tuerca es una tuerca antigiro.

10. El procedimiento de cualquier cláusula precedente, que comprende adicionalmente:

volver a montar parcialmente el generador;  
fijar una tapa temporal de cojinete al extremo no accionado del generador;  
detectar un estado de equilibrado o desequilibrado del rotor; y  
añadir peso al rotor si se detecta un estado de desequilibrado del rotor para corregir el desequilibrado del rotor.

11. Un procedimiento para reparar un rotor en un generador en una turbina eólica, comprendiendo el procedimiento las etapas de:

desmontar un extremo no accionado del generador;  
retirar el aislamiento de partes de un anillo de estrella existente y de los terminales de conexión existentes;  
retirar partes del anillo de estrella existente cerca de los terminales de conexión existentes;  
instalar un anillo de estrella de sustitución en el generador;  
conectar el anillo de estrella de sustitución a los terminales de conexión existentes;

## ES 2 669 919 T3

aislar el anillo de estrella de sustitución y los terminales de conexión existentes; y en el que el procedimiento se realiza sobre el generador in situ.

- 5 12. El procedimiento de cualquier cláusula precedente, comprendiendo adicionalmente la etapa de desmontaje:  
desmontar el extremo no accionado para exponer el rotor, el anillo de estrella existente y los terminales de conexión existentes.
13. El procedimiento de cualquier cláusula precedente, comprendiendo adicionalmente la etapa de retirada del aislamiento:  
retirar el material de bloqueo y soporte de partes del anillo de estrella existente y de los terminales de conexión existentes.
- 10 14. El procedimiento de cualquier cláusula precedente, comprendiendo adicionalmente la etapa de retirar partes:  
desconectar eléctricamente del rotor el anillo de estrella existente.
15. El procedimiento de cualquier cláusula precedente, comprendiendo adicionalmente la etapa de instalación:  
posicionar el anillo de estrella de sustitución radialmente en el interior del anillo de estrella existente y coaxialmente con el rotor.
- 15 16. El procedimiento de cualquier cláusula precedente, comprendiendo adicionalmente la etapa de conexión:  
perforar un orificio pasante dentro de cada uno de los terminales de conexión existentes.
17. El procedimiento de cualquier cláusula precedente, comprendiendo adicionalmente la etapa de conexión:  
fijar mecánicamente el anillo de estrella de sustitución a los terminales de conexión existentes.
18. El procedimiento de cualquier cláusula precedente, comprendiendo adicionalmente la fijación mecánica:  
20 fijar el anillo de estrella de sustitución a cada uno de los terminales de conexión existentes con un tornillo, una tuerca y una o más cuñas.
19. El procedimiento de cualquier cláusula precedente, en el que la tuerca es una tuerca antigiro.
20. El procedimiento de cualquier cláusula precedente, que comprende adicionalmente:  
25 volver a montar parcialmente el generador;  
fijar una tapa temporal de cojinete al extremo no accionado del generador;  
detectar un estado de equilibrado o desequilibrado del rotor; y  
añadir peso al rotor si se detecta un estado de desequilibrado del rotor para corregir el desequilibrado del rotor.

**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento (1400) para mantenimiento del rotor de un generador, comprendiendo el procedimiento las etapas de:
- 5 desmontar (1410) un extremo no accionado del generador;  
retirar (1420) el aislamiento de las partes de un anillo de estrella existente y terminales de conexión existentes;  
retirar (1430) partes del anillo de estrella existente cerca de los terminales de conexión existentes;  
instalar (1440) un anillo de estrella de sustitución en el generador;  
conectar (1450) el anillo de estrella de sustitución a los terminales de conexión existentes;  
10 aislar (1460) el anillo de estrella de sustitución y los terminales de conexión existentes; y  
en el que el procedimiento (1400) se realiza en el generador in situ.
2. El procedimiento de la reivindicación 1, comprendiendo adicionalmente la etapa de desmontaje (1410):
- desmontar el extremo no accionado para exponer el rotor, anillo de estrella existente y terminales de conexión existentes.
3. El procedimiento de la reivindicación 1 o la reivindicación 2, comprendiendo adicionalmente la etapa (1420) de retirada del aislamiento:
- 15 retirar el material de bloqueo y soporte de las partes del anillo de estrella existente y de los terminales de conexión existentes.
4. El procedimiento de la reivindicación 1, 2 o 3, comprendiendo adicionalmente la etapa (1430) de retirar partes:
- desconectar eléctricamente del rotor el anillo de estrella existente.
- 20 5. El procedimiento de cualquier reivindicación precedente, comprendiendo adicionalmente la etapa (1440) de instalación:
- posicionar el anillo de estrella de sustitución radialmente en el interior del anillo de estrella existente y coaxialmente con el rotor.
- 25 6. El procedimiento de cualquier reivindicación precedente, comprendiendo adicionalmente la etapa (1450) de conexión:
- perforar un orificio pasante dentro de cada uno de los terminales de conexión existentes.
7. El procedimiento de cualquier reivindicación precedente, comprendiendo adicionalmente la etapa (1450) de conexión:
- fijar mecánicamente el anillo de estrella de sustitución a los terminales de conexión existentes.
- 30 8. El procedimiento de la reivindicación 7, comprendiendo adicionalmente la fijación mecánica:
- fijar el anillo de estrella de sustitución a cada uno de los terminales de conexión existentes con un tornillo, una tuerca y una o más cuñas, en el que, preferentemente, la tuerca es una tuerca antigiro.
9. El procedimiento de cualquier reivindicación precedente, que comprende adicionalmente:
- 35 volver a montar parcialmente el generador;  
fijar una tapa temporal de cojinete al extremo no accionado del generador;  
detectar un estado de equilibrado o desequilibrado del rotor; y  
añadir peso al rotor si se detecta un estado de desequilibrado del rotor para corregir el desequilibrado del rotor.
10. Un procedimiento (1400) de reparación de un rotor en un generador en una turbina eólica, comprendiendo el procedimiento las etapas de:
- 40 desmontar (1410) un extremo no accionado del generador;  
retirar (1420) el aislamiento de partes de un anillo de estrella existente y de los terminales de conexión existentes;  
retirar (1430) partes del anillo de estrella existente cerca de los terminales de conexión existentes;  
instalar (1440) un anillo de estrella de sustitución en el generador;  
45 conectar (1450) el anillo de estrella de sustitución a los terminales de conexión existentes;  
aislar (1460) el anillo de estrella de sustitución y los terminales de conexión existentes; y  
en el que el procedimiento (1400) se realiza en el generador in situ.

11. El procedimiento de la reivindicación 10, comprendiendo adicionalmente la etapa (1410) de desmontaje:  
desmontar el extremo no accionado para exponer el rotor, el anillo de estrella existente y los terminales de conexión existentes.
12. El procedimiento de la reivindicación 10 o la reivindicación 11, en el que:
- 5 la etapa (1420) de retirada del aislamiento comprende adicionalmente retirar el material de bloqueo y soporte de partes del anillo de estrella existente y de los terminales de conexión existentes; y/o  
la etapa (1430) de retirar partes comprende adicionalmente desconectar eléctricamente del rotor el anillo de estrella existente; y/o  
10 la etapa (1440) de instalación comprende adicionalmente posicionar el anillo de estrella de sustitución radialmente en el interior del anillo de estrella existente y coaxialmente con el rotor, y/o  
la etapa (1450) de conexión comprende adicionalmente perforar un orificio pasante dentro de cada uno de los terminales de conexión existentes.
13. El procedimiento de la reivindicación 10, 11 o 12, comprendiendo adicionalmente la etapa de conexión:  
fijar mecánicamente el anillo de estrella de sustitución a los terminales de conexión existentes.
- 15 14. El procedimiento de la reivindicación 13, comprendiendo adicionalmente la fijación mecánica:  
fijar el anillo de estrella de sustitución a cada uno de los terminales de conexión existentes con un tornillo, una tuerca y una o más cuñas, en el que, preferentemente, la tuerca es una tuerca antigiro.
15. El procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 14, que comprende adicionalmente:
- 20 volver a montar parcialmente el generador;  
fijar una tapa temporal de cojinete al extremo no accionado del generador;  
detectar un estado de equilibrado o desequilibrado del rotor; y  
añadir peso al rotor si se detecta un estado de desequilibrado del rotor para corregir el desequilibrado del rotor.

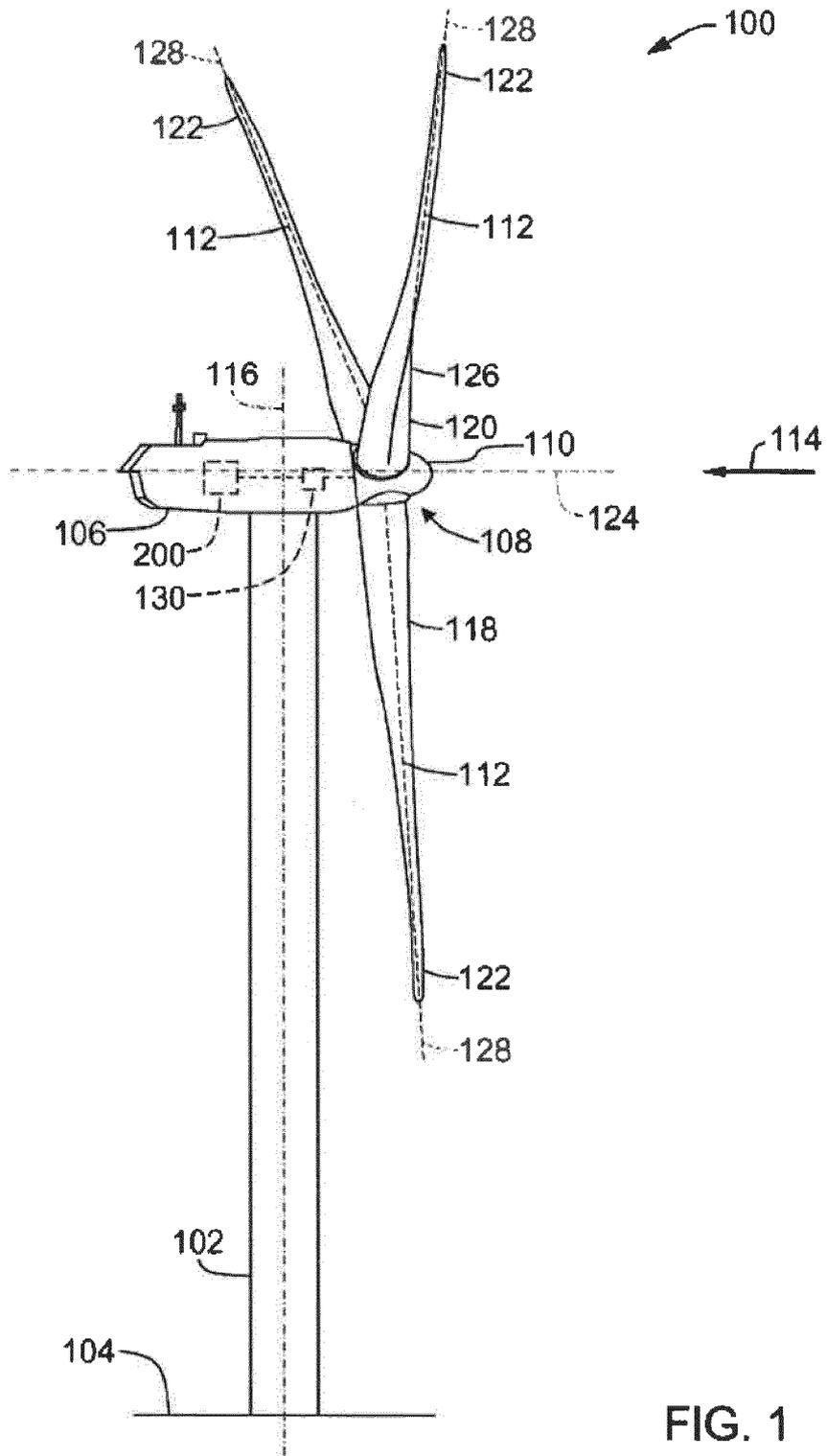


FIG. 1

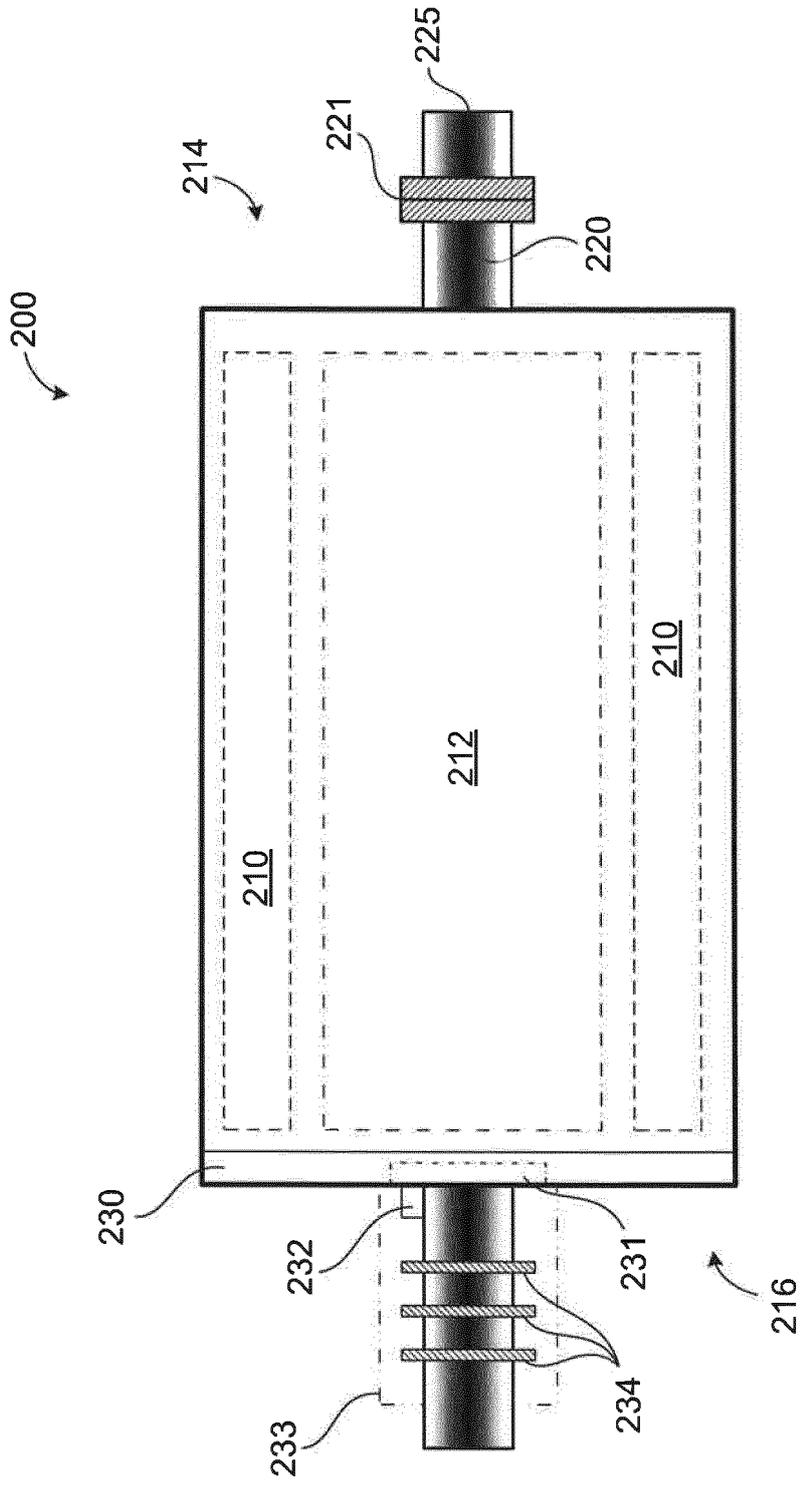


FIG. 2

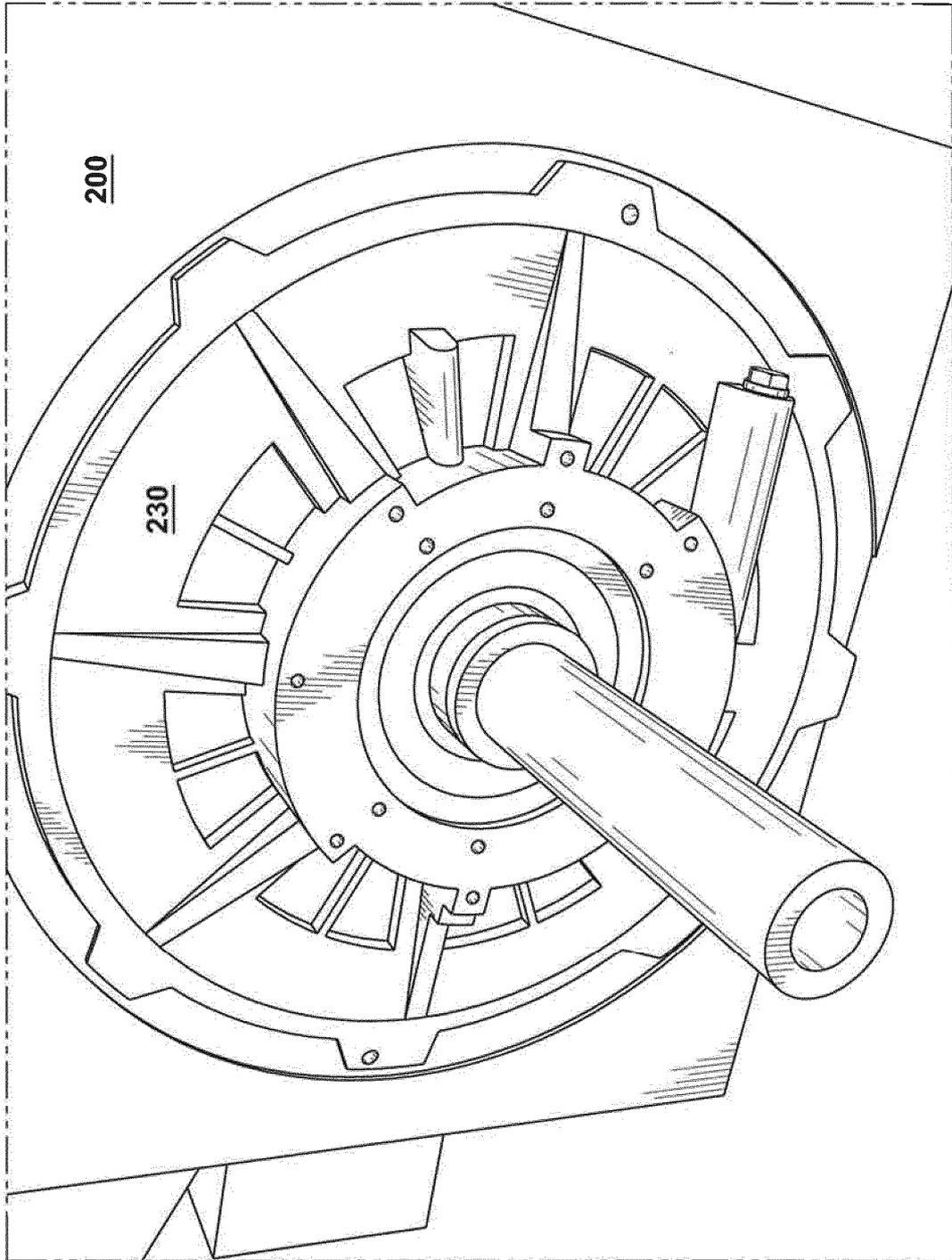


FIG. 3

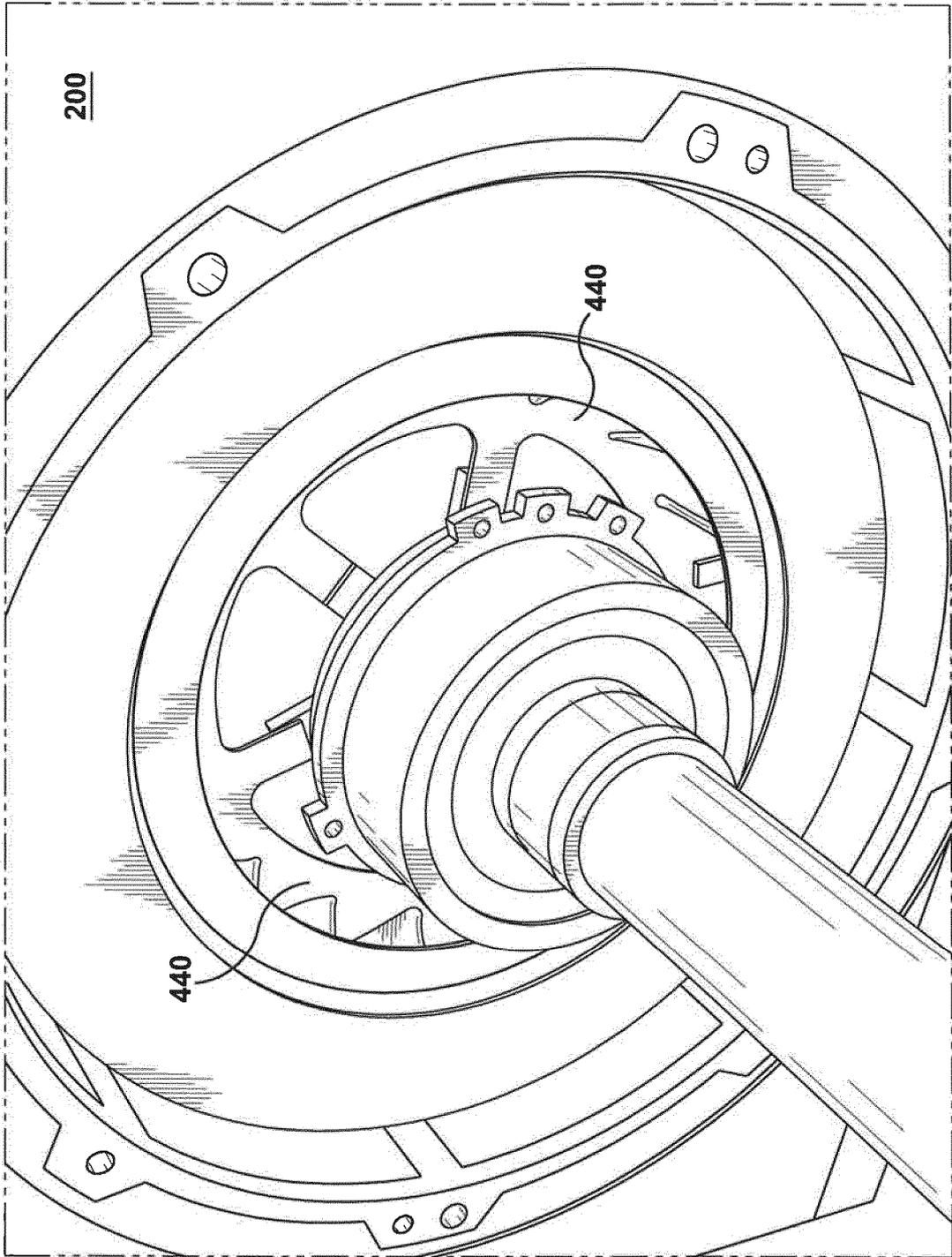


FIG. 4

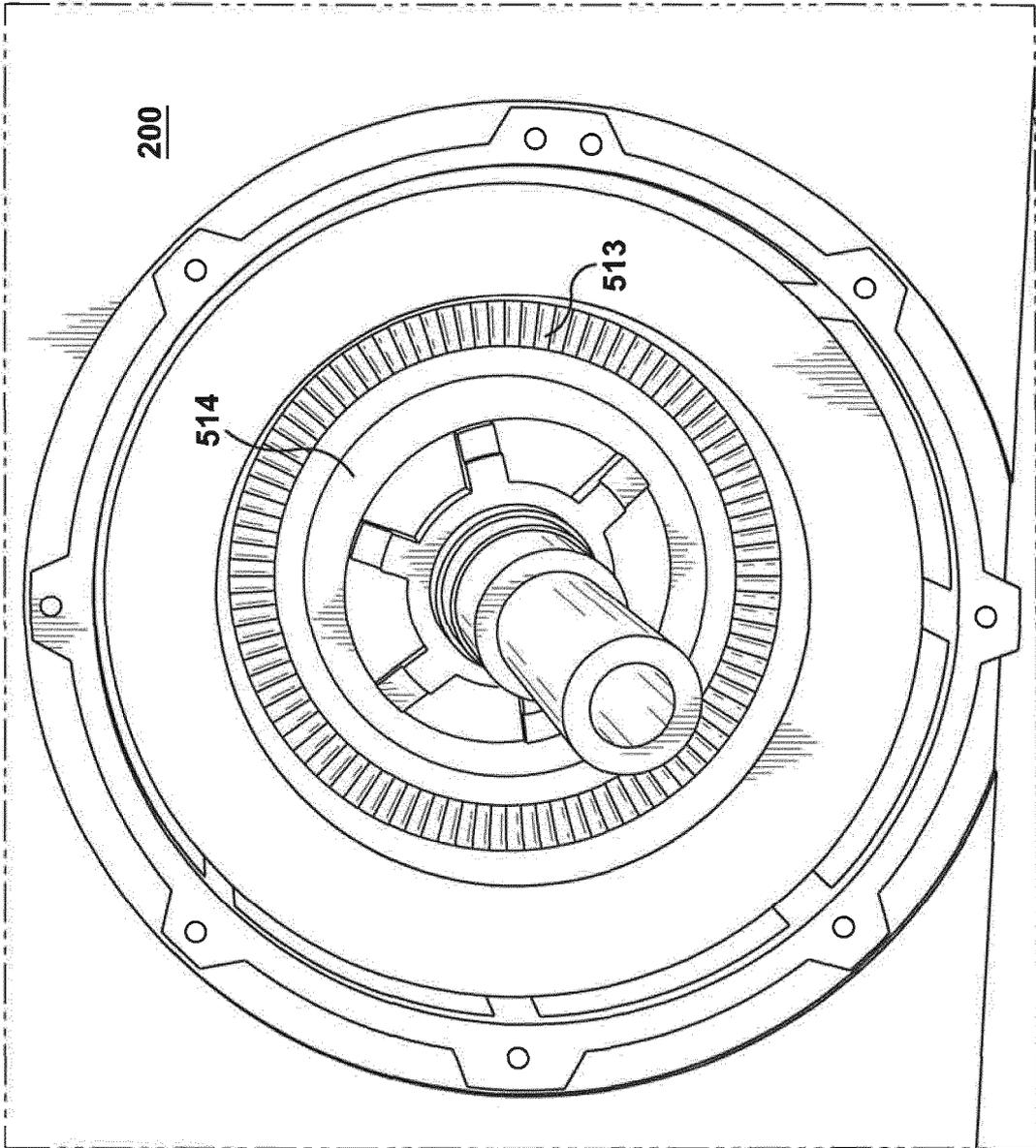


FIG. 5

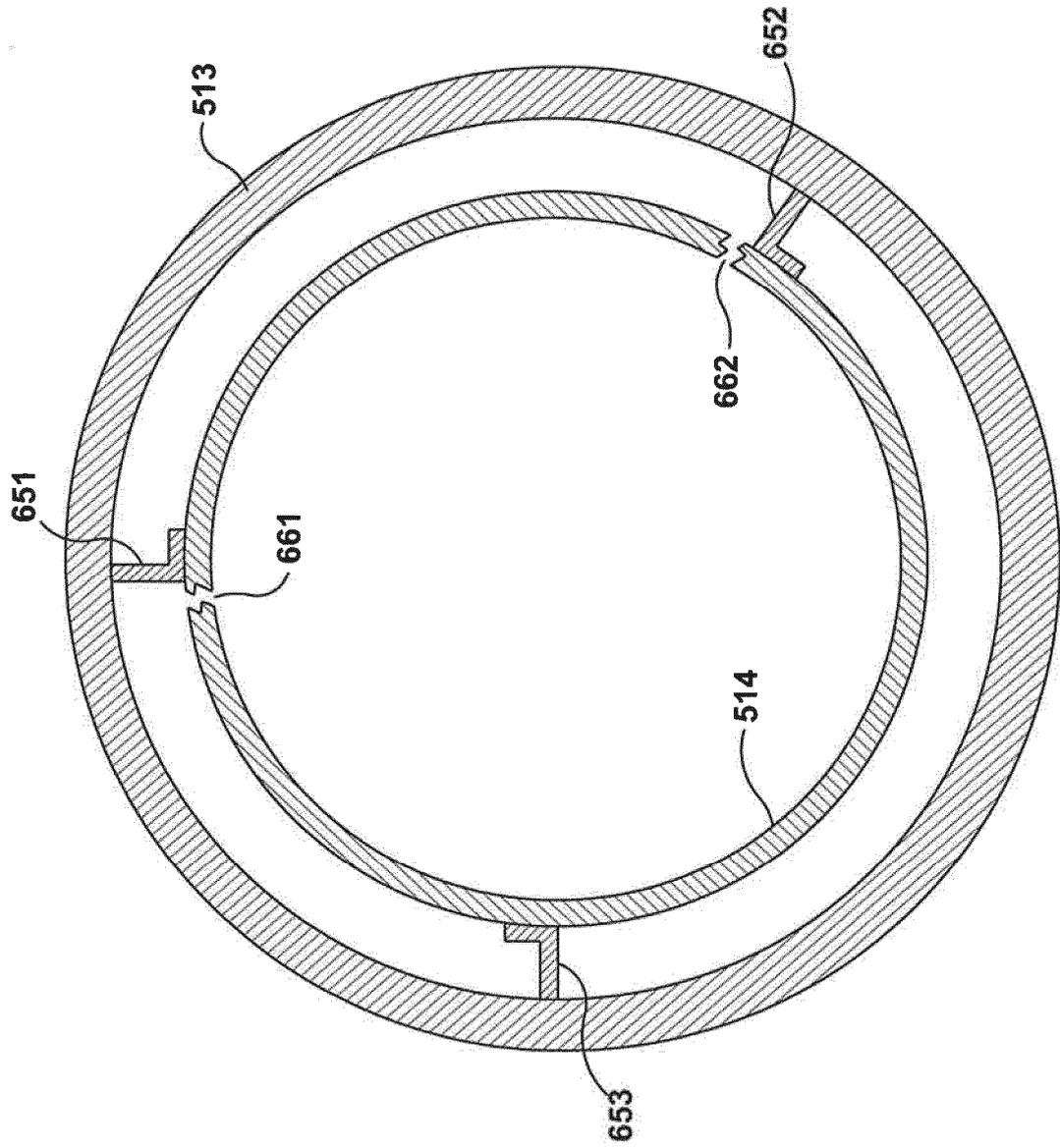


FIG. 6

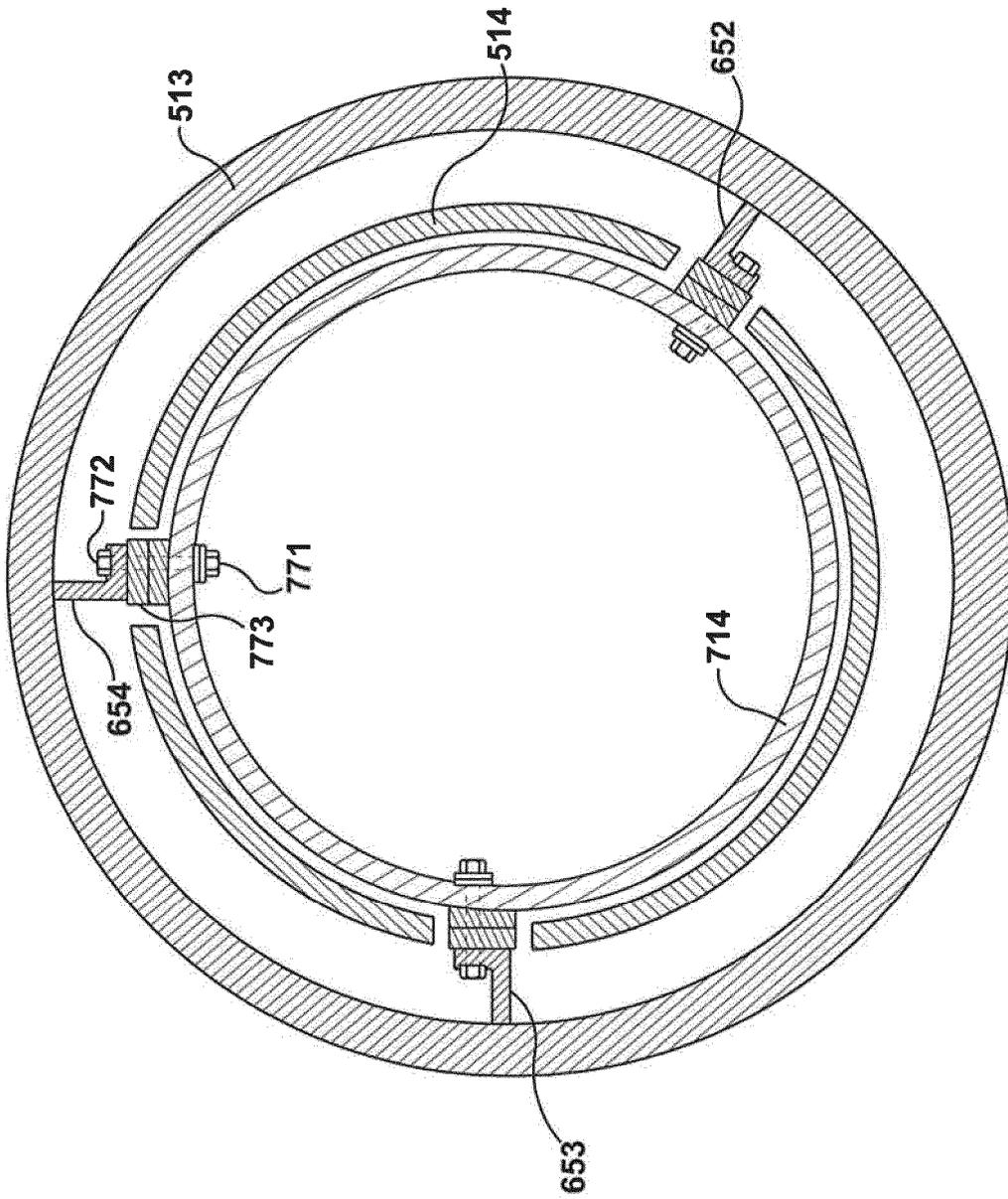


FIG. 7

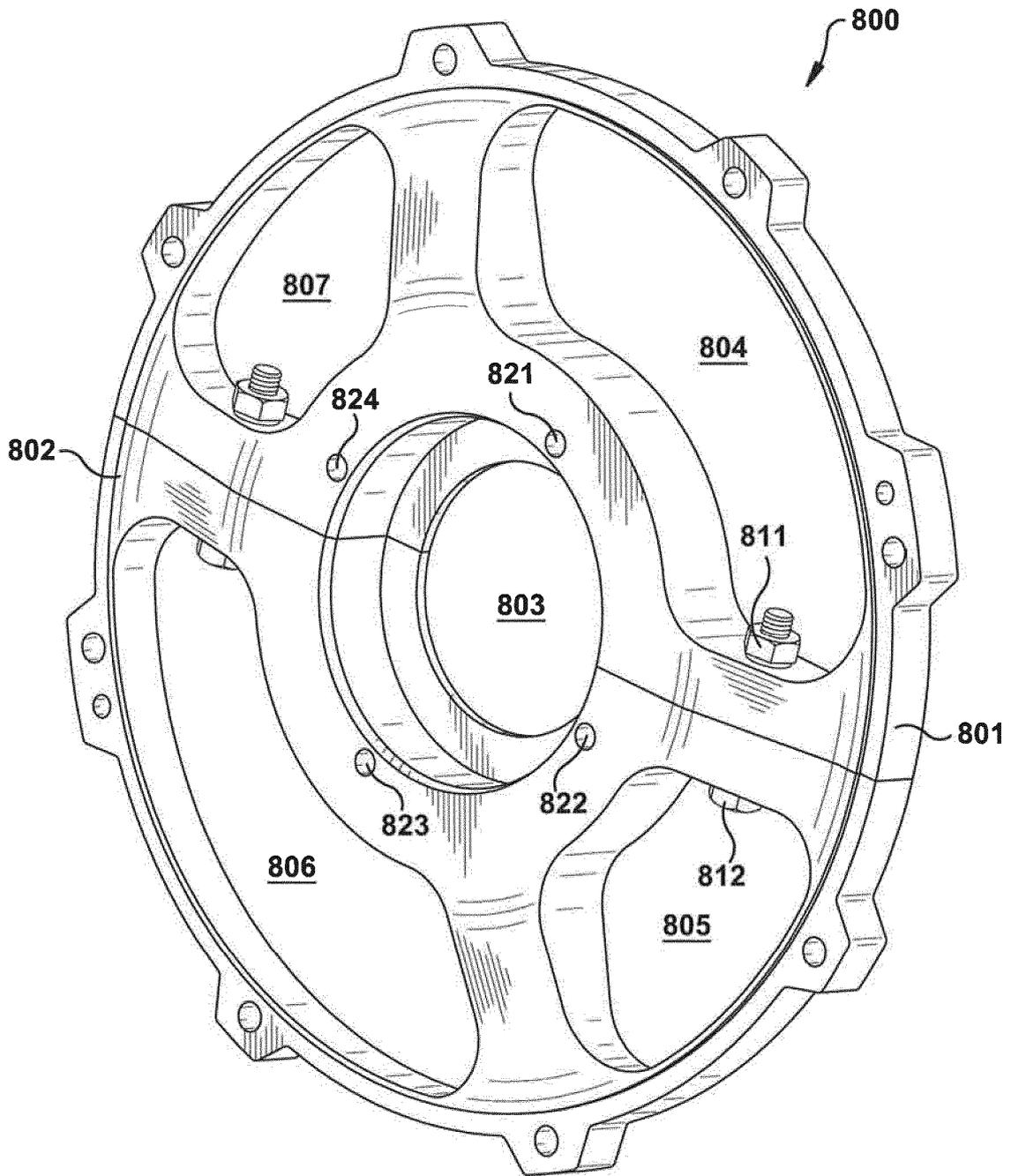


FIG. 8

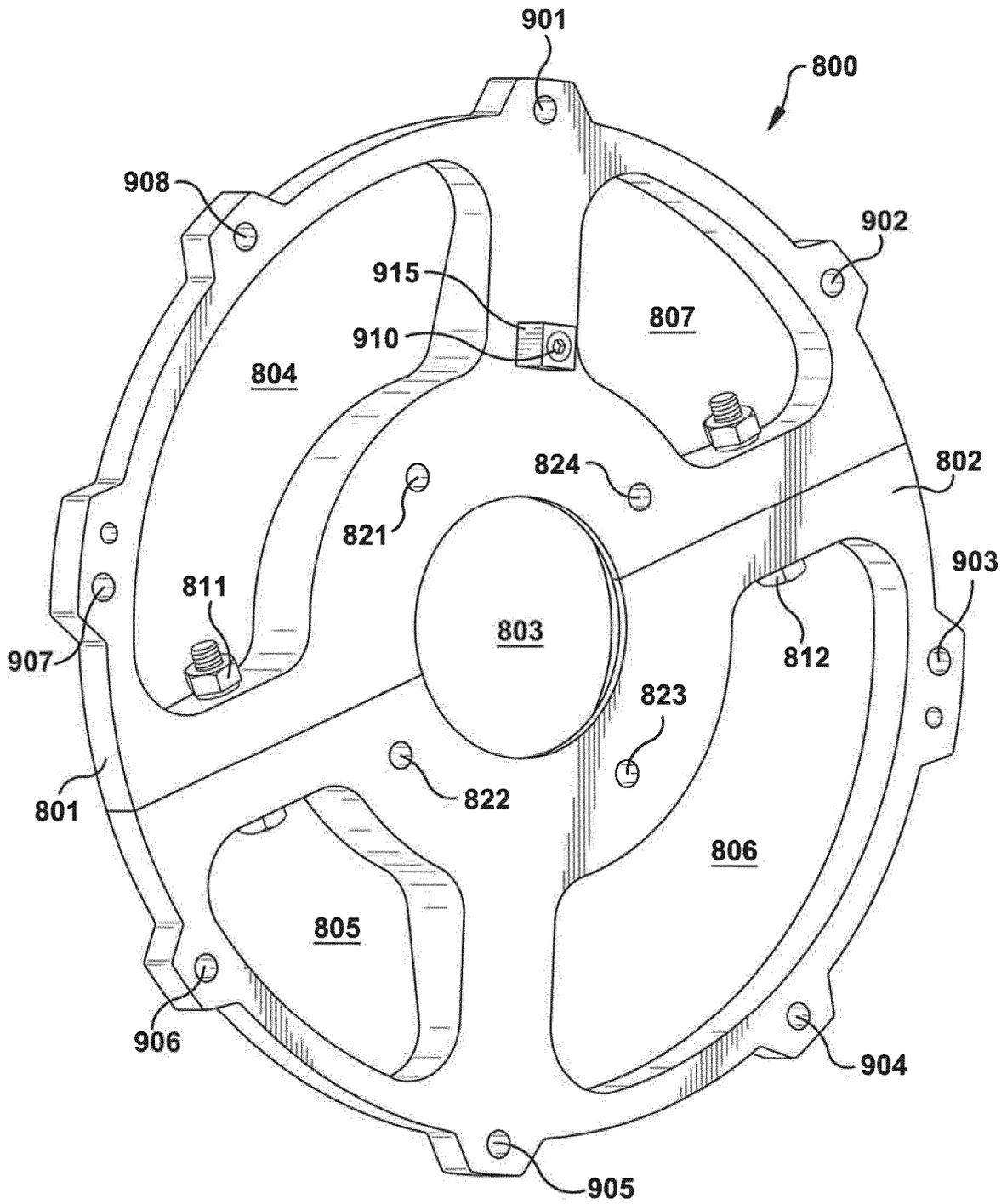


FIG. 9

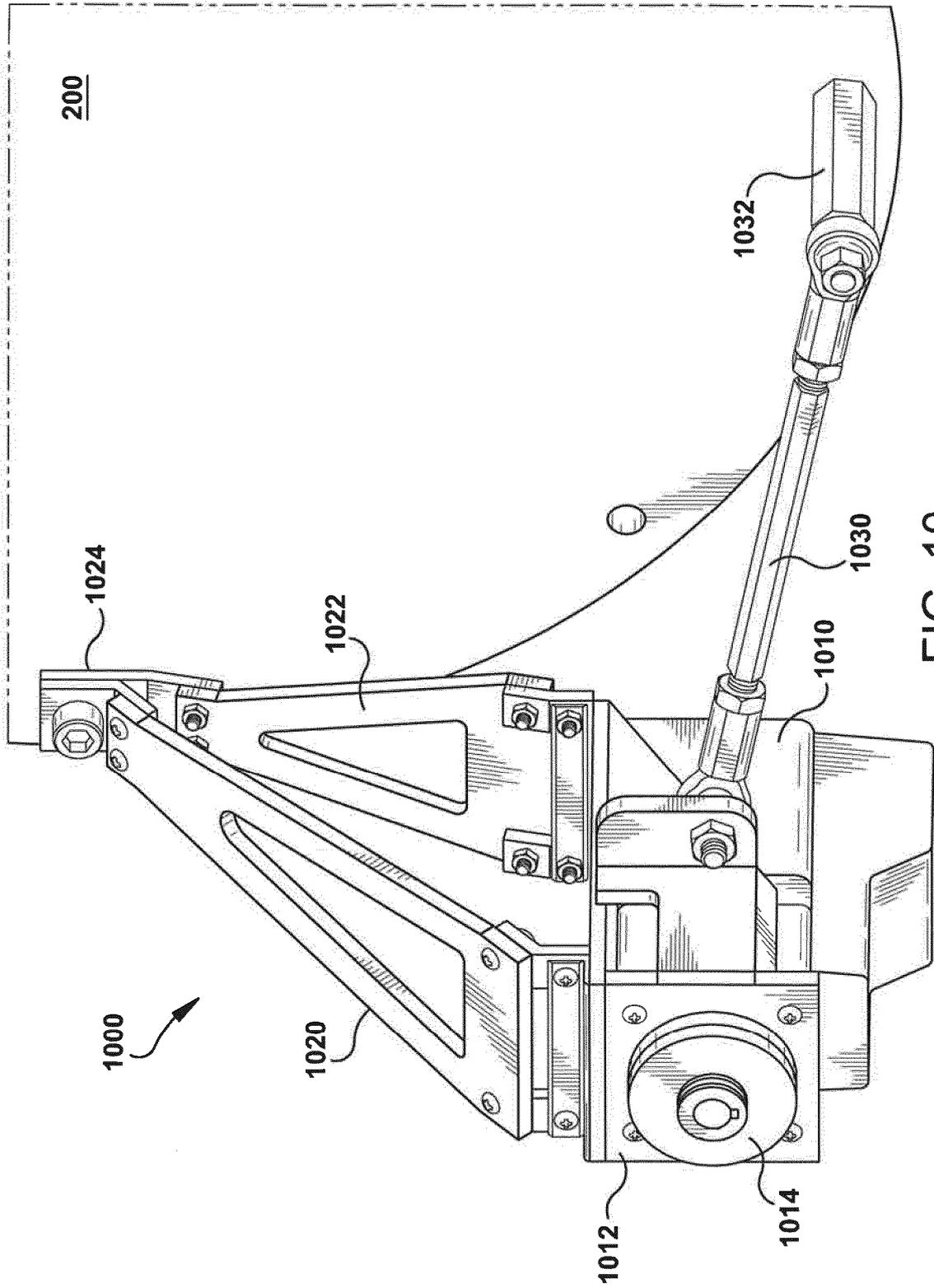


FIG. 10

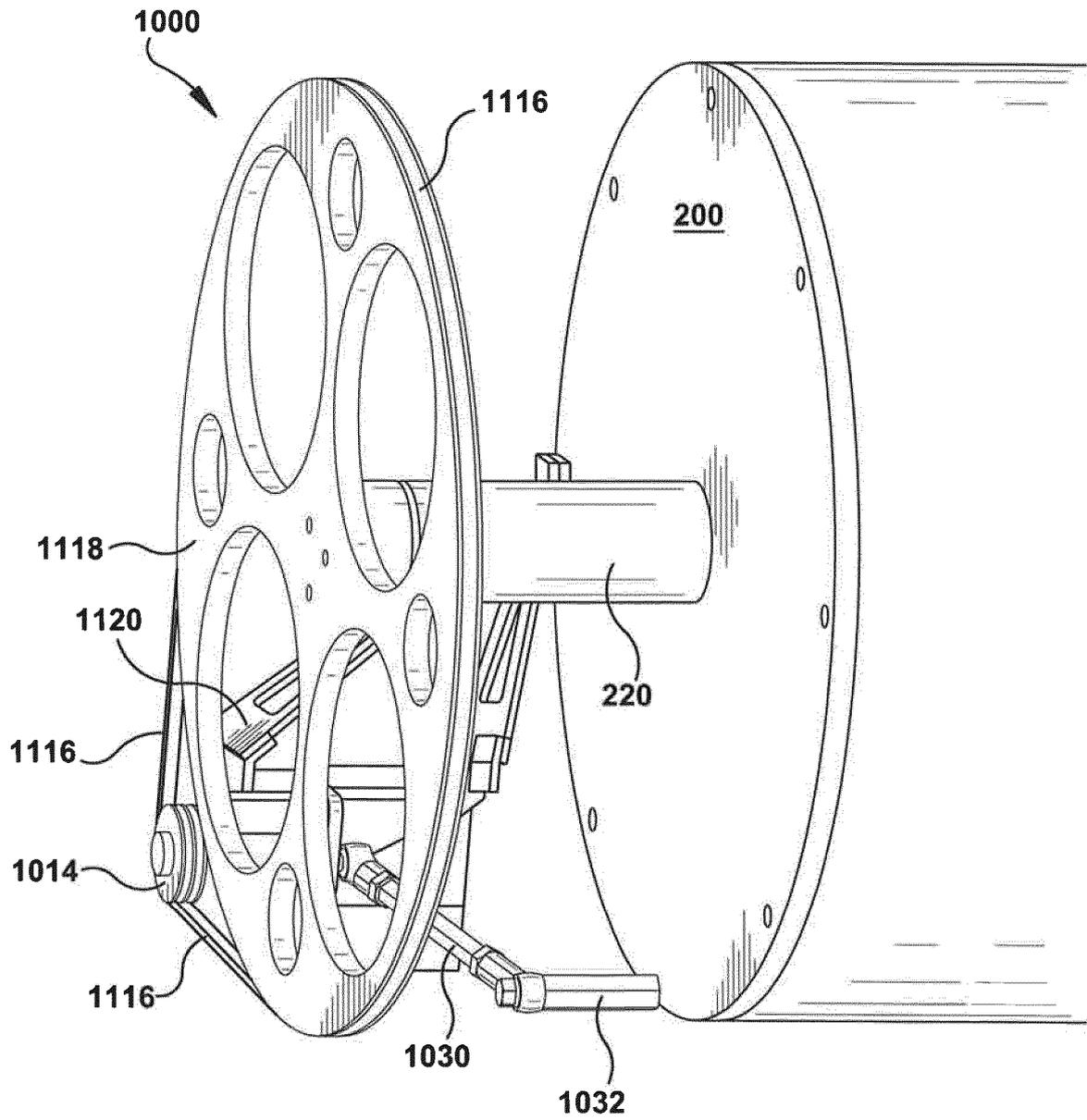


FIG. 11

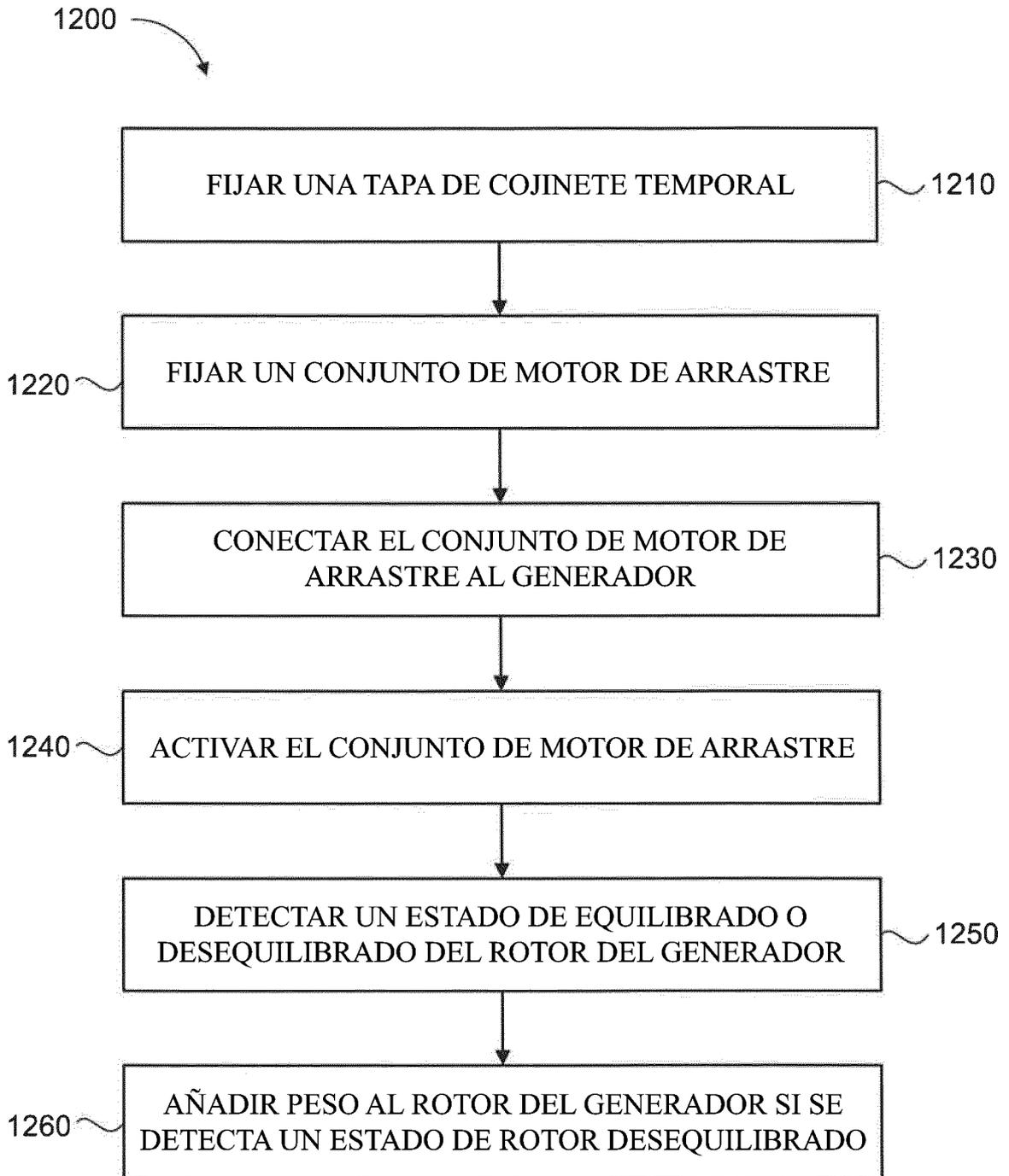


FIG. 12

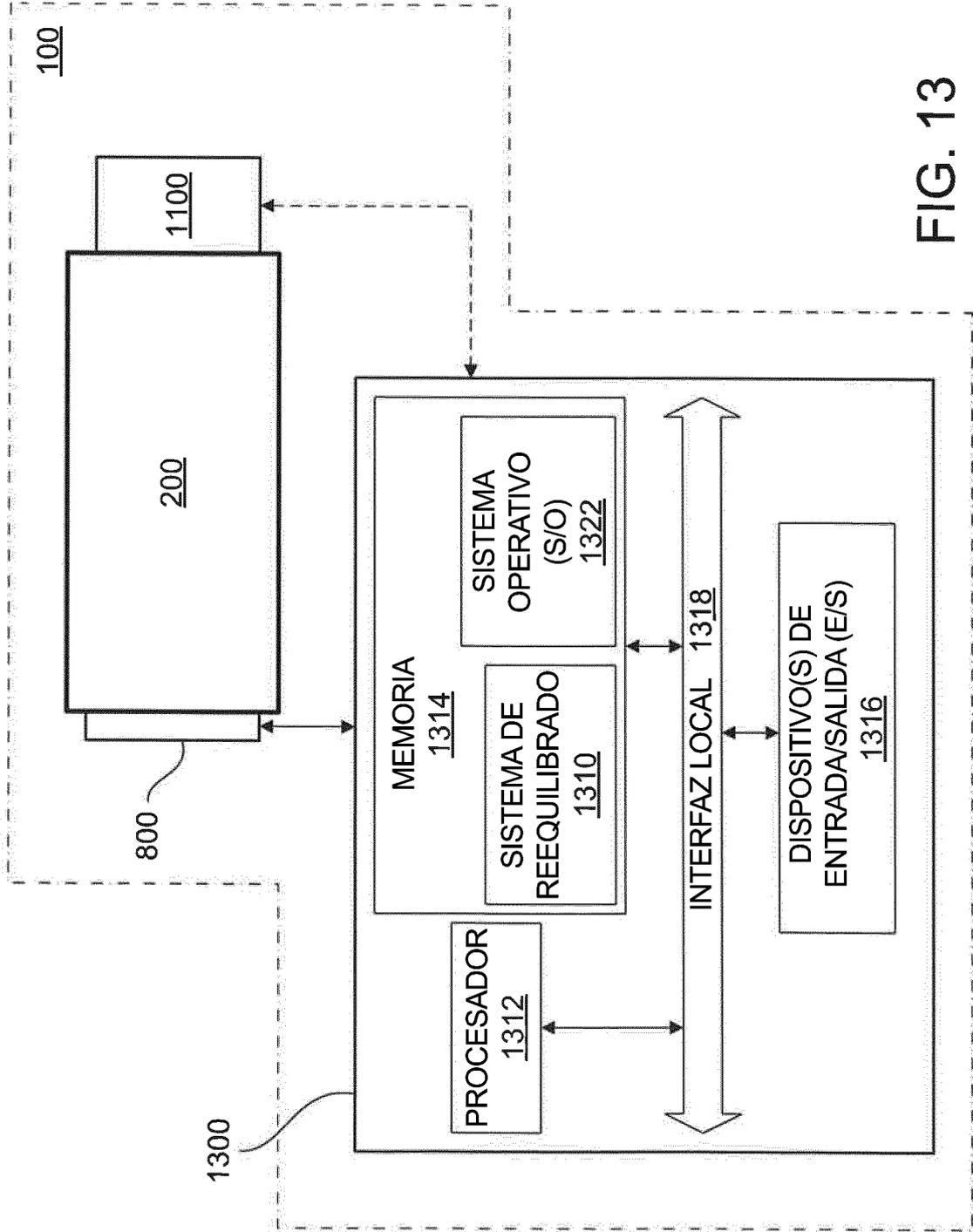


FIG. 13

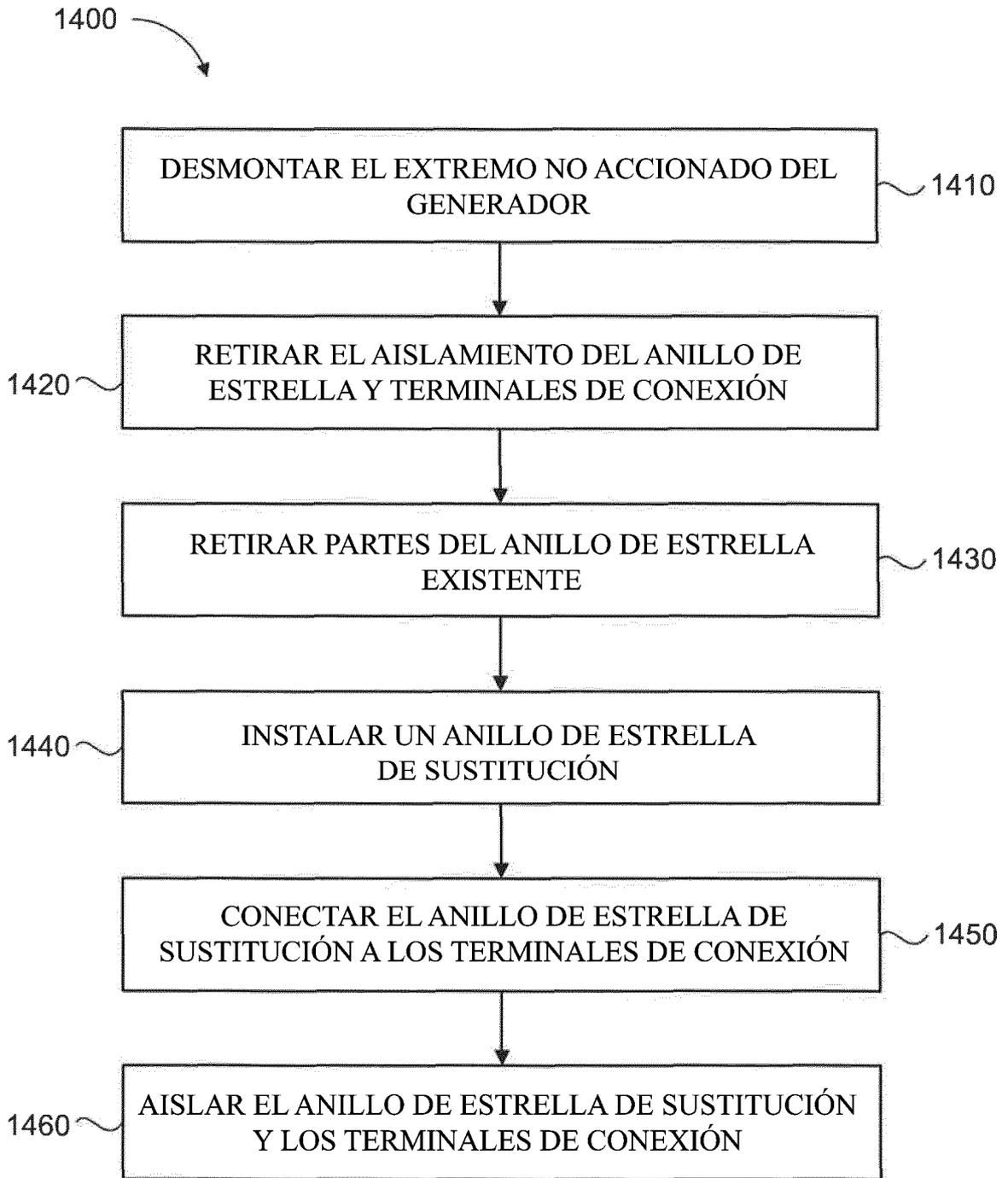


FIG. 14

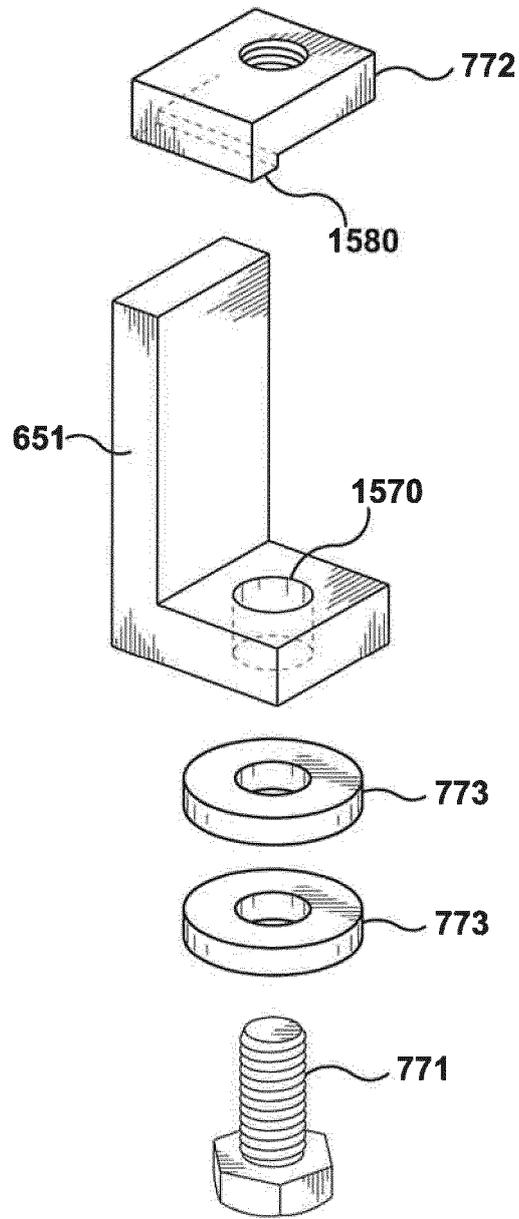


FIG. 15